

**TUGAS AKHIR
(KL 1702)**

**STUDI PENGARUH TATA LETAK *BRACING*
PADA STRUKTUR *JACKET* KAKI TIGA
TERHADAP KEKUATANNYA**



PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	9-8-2000
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21-1665

RSke
627.98
Pra
s-1
2000

Oleh :

JOHANA INDRA PRASASTI

NRP. 4395 100 023

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2000**



**STUDI PENGARUH TATA LETAK *BRACING*
PADA STRUKTUR *JACKET KAKI TIGA*
TERHADAP KEKUATANNYA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,



Dr. Ir. Daniel M. Rosyid
NIP. 131 782 038

Dosen Pembimbing II,

Dr. Ir. Hartanta Tarigan
NIP. 132 561 416

adalah hati yang tak bertepi
saat kehidupan menguak mimpi
hembusan nafas kasih
tak pernah henti mengiringi – setiap langkah
mencari hakekat kehidupan sejati
hanya kasih yang tak pernah mati
dari hati yang tak bertepi

*dipersembahkan untuk ayah dan ibu tercinta
.....dua hati yang tak bertepi.....*

ABSTRAK

Penulisan tugas akhir ini dilakukan untuk mendapatkan referensi mengenai pengaruh berbagai macam peletakan brace terhadap kekuatan struktur itu sendiri apabila digunakan parameter indeks struktural ($\text{payload} / \text{depth}^2$).

Persamaan kinerja dilakukan berdasarkan persamaan rasio kerampingan sehingga dimensi antara struktur yang satu dengan struktur yang lain berbeda tergantung dari panjang elemen komponen-komponennya. Ada 4 tipe struktur yang dianalisa yaitu struktur dengan tipe peletakan brace X, K, N dan X tanpa bracing horisontal.

Analisa diawali dengan perhitungan beban gelombang yang dijadikan masukan dalam analisa. Data perairan diambil pada perairan di Kepulauan Natuna – Laut Cina Selatan. Beban vertikal yang diberikan berupa payload dengan range antara 6000 sampai dengan 15000 ton. Analisa dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MSc Nastran untuk mendapatkan berbagai respon struktur akibat beban yang diberikan.

Tegangan yang didapatkan dibandingkan dengan kriteria kekuatan yang direkomendasikan oleh API RP 2A. Material yang dipakai adalah ASTM A36 yang mempunyai tegangan yield sebesar 280 Mpa.

Dari analisa yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa struktur yang paling baik adalah struktur dengan tata letak brace K. Hal ini ditunjukkan oleh rasio interaksi sebesar 0.992 pada payload 15000 ton pada saat struktur yang lain mempunyai rasio interaksi lebih dari satu.

KATA PENGANTAR

Syukur ke hadirat Bapa yang Maha Kasih yang telah menjadikan segala sesuatu indah pada waktunya. Hanya karena Dia sajalah maka Tugas Akhir dengan judul **Studi Pengaruh Tata Letak *Bracing* pada Struktur *Jacket Kaki Tiga Terhadap Kekuatannya*** ini dapat diselesaikan.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Daniel M. Rosyid dan Bapak Hartanta Tarigan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Untuk itu saran dan kritik akan penulis terima dengan senang hati. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat. Terimakasih.

Surabaya, Mei 2000

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Terselesaikannya tugas akhir ini tentu adalah kehendak Tuhan semata yang terwujud melalui bantuan berbagai pihak yang senantiasa membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis merasa sangat perlu menyampaikan terimakasih kepada:

- **Bapak** dan **Ibu** tercinta yang tidak pernah berhenti mengasihi dan selalu berusaha memberikan yang terbaik kepada penulis. Juga buat **Enggar** adikku, *I love you always.*
- Bapak **Dr.Ir. Daniel M. Rosyid** dan **Dr.Ir. Hartanta Tarigan** selaku Dosen Pembimbing yang dengan segala kesabaran dan keikhlasannya membimbing, membantu dan mengarahkan penulis selama penyelesaian tugas akhir.
- Bapak **Dr.Ir. Hartanta Tarigan** selaku Dosen Wali yang telah membimbing dan mengarahkan serta membantu kelancaran studi penulis selama ini.
- Kepada **Dr. Ir. P. Indiyono** dan **Dr. Ir. Wahyudi** selaku Ketua dan Wakil Ketua Jurusan Teknik Kelautan beserta seluruh staf pengajar yang telah memberikan bimbingan dan ilmunya kepada penulis sampai akhirnya penulis bisa menyelesaikan studi.
- Bapak **Ir. Vincentius Rumawas** dan **Ir. Yoyok Setyo H.** terimakasih atas bantuannya.
- **Mas Pri, Cak No,** dan **Pak Teguh** selaku staf karyawan di Jurusan Teknik Kelautan yang telah banyak membantu kelancaran administrasi penulis selama ini.

- Teman seperjuangan **Susi "tute" Fitriani** selama kuliah dari semester satu sampai TA selesai, sampai sekarang dan semoga sampai yang akan datang.
Terlalu banyak hal yang tidak bisa diungkapkan.
- **Roy 'kodil'** dan **Aan 'uler'** yang selama ini telah membantu dan memberikan dukungan moril kepada penulis mulai dari masa perkuliahan sampai terselesaikannya tugas akhir ini. Terimakasih atas persahabatan kita selama ini.
- **AREK-AREK LAUT SONGO LIMO** semuanya, terimakasih untuk semua yang telah kita lewati, yang lucu, yang manis, yang menyebalkan, yang tidak bisa dilupakan.
- Anak-anak **OPRES**; **Daryono** "Mr. It's OK", **Uton** yang ikut-ikutan meleak, **Oon** (kok nggak kelihatan ya...), **Gonip** (hantuuuuu.....!), **Azhar** (kepribadian kabare), **Bagus** yang suka joget dangdut, **Arif ISM** dengan joget komandonya, **Ochim** dan **Anang** yang ngerjain tugas, **Umar** (wajahmu seperti bola), **Tom** 'tiang pancang', **Anam** "krucil alias kunci"; anak-anak **NUMOD** (**Ondy**, **Anto**, dll) dan semua manusia malam yang lain.
- Teman hidupku di U-15: **Totok** (Komandan), **Adit** (Miss Teori) dan **Vivie** (Bibi Gober) (Siapa yang belum bayar telpon.....?)
- Teman-teman **A-del**: **Ita**, **Retno**, **Niko**, **Yuli**, **Nina**, **Putri** (ingin ku.....mu).
- Terimakasih untuk semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu di sini dengan tidak mengurangi rasa hormat.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

UCAPAN TERIMA KASIH

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GRAFIK

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	I – 1
1.2	Parumusan Masalah	I – 2
1.3	Tujuan	I – 2
1.4	Batasan Masalah	I – 3
1.5	Metodologi Penelitian	I – 7
1.6	Sistematika Penulisan	I – 9

BAB II DASAR TEORI

2.1	Proses Perancangan	II – 1
2.1.1	Perancangan <i>Jacket</i>	II – 2

2.1.2	Geladak	II – 4
2.2	Beban Gelombang	II – 5
2.2.1	Teori Gelombang Linier	II – 6
2.2.2	Perhitungan Beban Gelombang	II – 6
2.3	Prosedur Perhitungan Lendutan Pada Struktur <i>Jacket</i> Dengan Metode Elemen Hingga	II – 8
2.3.1	Pendiskretan Sistem Yang Dianalisis	II – 9
2.3.2	Pemilihan Model Lendutan	II – 10
2.3.3	Penurunan Matriks Kekakuan Struktur	II – 11
2.3.4	Penggabungan (<i>assembly</i>) Elemen-elemen	II – 13
2.4	Tegangan Pada Elemen Rangka Dengan Metode Analisa Statis	
2.4.1	Tegangan Normal/Aksial	II – 15
2.4.2	Tegangan Geser	II – 17
2.5	Tegangan Ijin	II – 18
2.6	Frekuensi Natural	II – 20

BAB III DISAIN AWAL STRUKTUR

3.1	Penentuan Ukuran Awal Struktur <i>Jacket</i> Kaki Tiga	III – 1
3.2	Perhitungan Beban Gelombang	III – 12
3.3	Penentuan <i>Payload</i>	III – 14

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa Struktur	IV – 1
-----	------------------	--------

4.2	Kriteria Kekuatan Dalam API-RP 2A	IV – 6
4.2.1	Tegangan Tarik Aksial	IV – 6
4.2.2	Tegangan Tekan Aksial	IV – 6
4.2.3	Tegangan Tekuk	IV – 7
4.2.4	Tegangan Geser	IV – 8
4.2.5	Tegangan Majemuk Tekan dan Tekuk	IV – 9
4.3	Grafik Hubungan Antara Tegangan Dan Indeks Struktural	IV – 10
4.4	Analisa Hasil Perhitungan	IV – 20
4.4.1	Analisa Gerak Translasi Struktur	IV – 20
4.4.2	Analisa Gerak Rotasi Struktur	IV – 20
4.4.3	Analisa Tegangan Akibat Bending	IV – 20
4.4.4	Analisa Tegangan Torsional	IV – 21
4.4.5	Analisa Tegangan Aksial	IV – 21
4.4.6	Analisa Tegangan Majemuk	IV – 21
4.4.7	Analisa Rasio Interaksi	IV – 21
4.4.8	Analisa Frekuensi Natural	IV – 21

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	V – 1
5.2	Saran	V – 3

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Program Perhitungan Panjang Dan Beban Gelombang

Lampiran B : *Output* Perhitungan Beban Gelombang

Lampiran C : *Input* Beban Gelombang pada Tiap Elemen Struktur

Lampiran D : *Output Nastran* (Respon Struktur) Untuk Setiap Tipe Peletakkan

Brace

Tuhan adalah terangku dan keselamatanku, kepada siapakah aku harus takut?

Tuhan adalah benteng hidupku, terhadap siapakah aku harus gemetar?

(Mazmur 27 : 1)

BAB I



PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Design struktur untuk eksplorasi maupun eksploitasi minyak dan gas bumi di lepas pantai senantiasa berkembang dari waktu ke waktu. Salah satu sebabnya adalah semakin besarnya tuntutan akan kebutuhan struktur yang baik dan efisien dari segi teknis maupun ekonomis. Seperti kita ketahui, cadangan minyak dan gas bumi, baik di darat maupun di laut semakin lama semakin menipis, sehingga seringkali tidak ekonomis untuk untuk dieksploitasi. Seiring dengan kemajuan teknologi, sumber-sumber minyak dan gas bumi yang berada pada ladang-ladang marginal mulai mulai dieksploitasi dengan menggunakan struktur seperti *semi-submersible*, *tension leg platform* dan sebagainya.

Kendati demikian, struktur terpancang seperti *jacket* masih tetap dipergunakan karena lebih efisien untuk eksplorasi maupun eksploitasi di laut yang relatif dangkal. Kecenderungan yang terjadi saat ini pada disain *fixed offshore platform* seperti *jacket* adalah semakin ditingkatkannya efisiensi struktur. Hal ini dimungkinkan dengan semakin majunya teknik analisa keandalan struktur sehingga kecil kemungkinan terjadi *over design* yang tentunya akan sangat berpengaruh pada segi ekonomisnya. Dalam tahap perancangan, setiap keputusan yang diambil oleh *designer* adalah bertujuan untuk mendapatkan struktur yang paling baik dan efisien. Efisiensi ini dilakukan misalnya dengan cara membuat isain struktur dengan *layout* yang sesederhana mungkin seperti pengurangan

jumlah kaki *jacket*, struktur dibuat tanpa *batter* dan sebagainya sepanjang struktur tersebut masih memenuhi persyaratan kelayakan struktur.

Proses pemilihan *layout* adalah suatu proses yang penting karena berpengaruh pada berbagai hal baik teknis maupun ekonomis. Untuk itu diperlukan suatu studi yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam pemilihan *layout* struktur, misalnya dalam memilih model peletakan *brace*, karena peletakan *brace* pada struktur *jacket* akan memenuhi besar tegangan dan lendutan yang terjadi pada struktur *jacket* secara keseluruhan. Pemilihan disain peletakan *brace* berdasarkan perhitungan yang akurat akan menambah keefisienan waktu dalam proses disain struktur *jacket*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diangkat adalah bagaimana pengaruh tata letak *bracing* pada struktur *jacket* kaki tiga terhadap kekuatannya:

- ✓ tegangan aksial, displacement, momen, torsi maksimum yang dialami struktur
- ✓ hubungan antara kekuatan dengan indeks struktural dalam bentuk grafik
- ✓ Tata letak *bracing* yang paling baik ditinjau dari segi kekuatannya.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dengan penelitian yang akan dilakukan adalah mengetahui sejauh manapengaruh tata letak *bracing* terhadap kekuatan struktur:

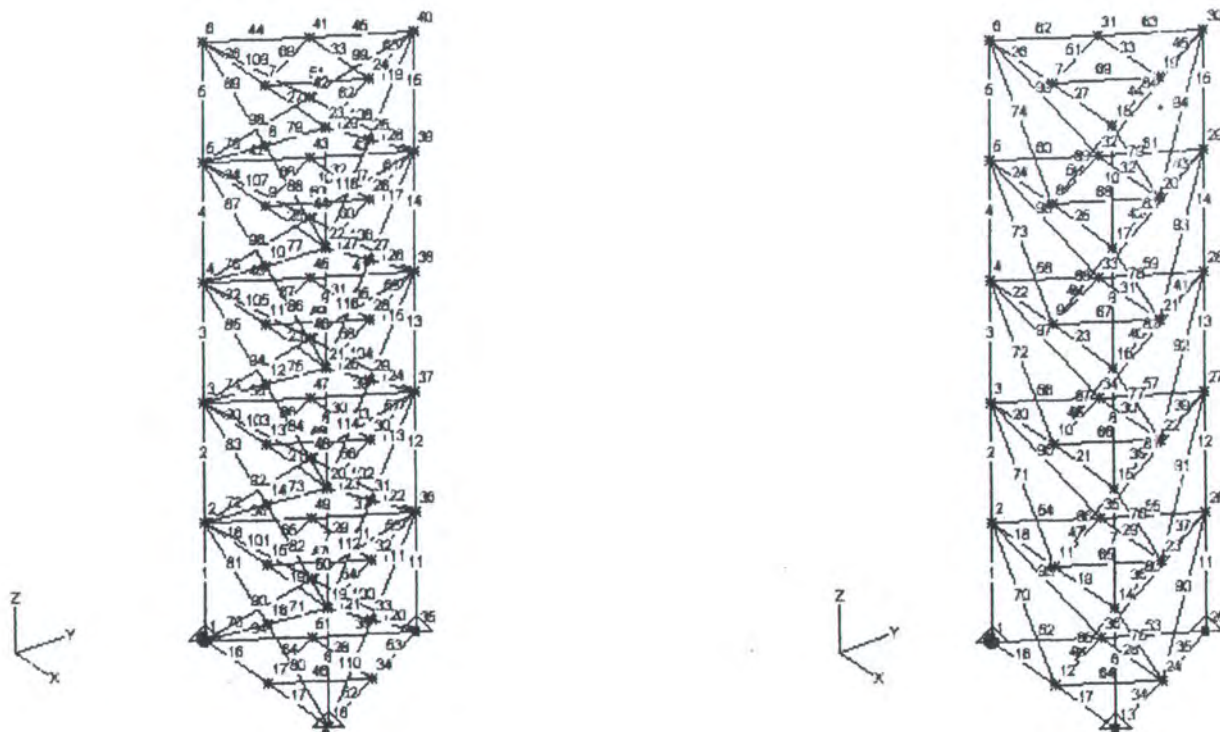
- ✓ Mengetahui tegangan aksial, displacement, momen, torsi maksimum yang dialami struktur
- ✓ Mendapatkan hubungan antara kekuatan dengan indeks struktural dalam bentuk grafik
- ✓ Mengetahui tata letak *bracing* yang paling baik ditinjau dari segi kekuatannya.

1.4 Batasan Masalah

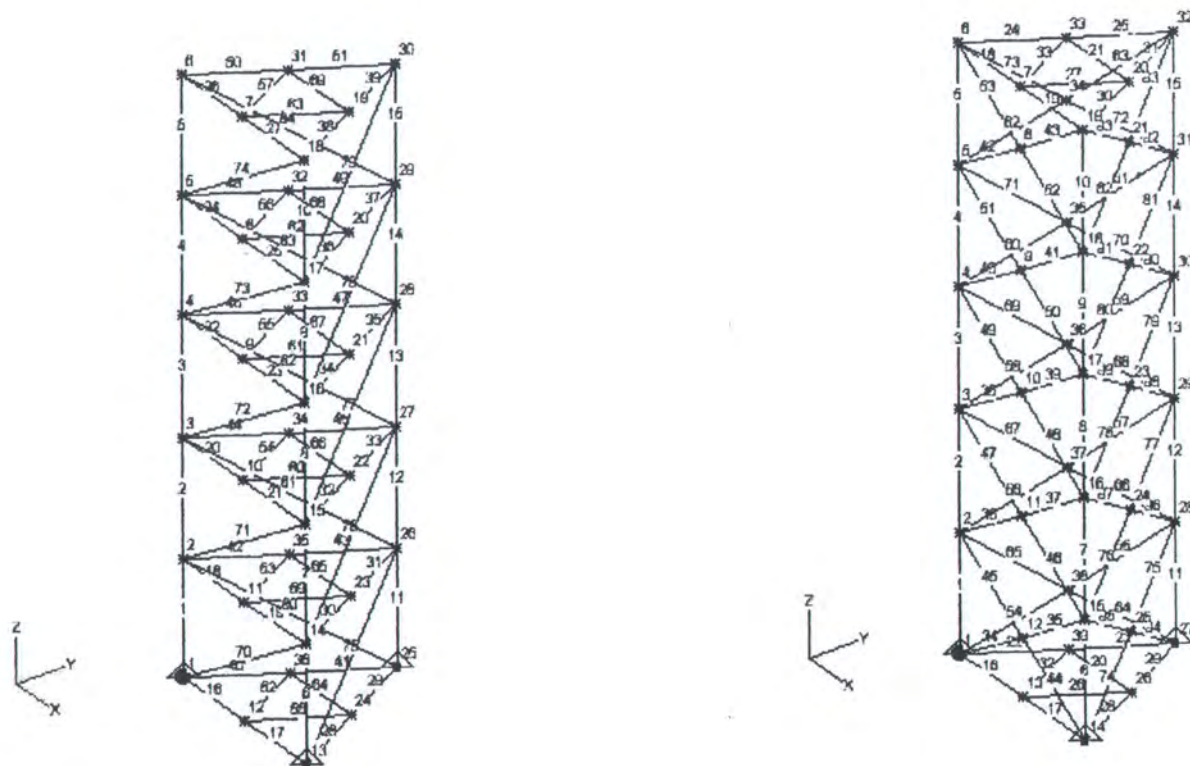
Untuk mempersempit permasalahan dan memudahkan perhitungan maka permasalahan akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Analisa yang akan dilakukan adalah analisa statis dan analisa dinamis dimana yang dibatasi hanya sampai perhitungan frekuensi natural saja.
2. Beban yang bekerja pada struktur dibatasi pada beban *payload* dan beban gelombang
3. Struktur dianggap terpancang pada kedalaman tertentu di bawah kaki *jacket* dan dianggap sebagai *space frame*.
4. Model *bracing* yang akan dianalisa dapat dilihat pada gambar berikut ini.
5. Pada setiap sambungan (*tubular joint*) dianggap tidak ada penebalan pelat pipa.
6. Kriteria kekuatan yang ditinjau adalah kriteria kekuatan yang ditetapkan oleh API RP-2A.
7. Data perairan yang dipakai adalah sebagai berikut:
 - ◆ Lokasi : Perairan laut Cina selatan

- ♦ Kedalaman : 250 ft
- ♦ Tinggi gelombang : 39.60 ft
- ♦ Amplitudo gelombang : 19.80 ft
- ♦ Periode gelombang : 11 detik



Gambar 1.4.1 Struktur *tripod* dengan tata letak *bracing* X dan K

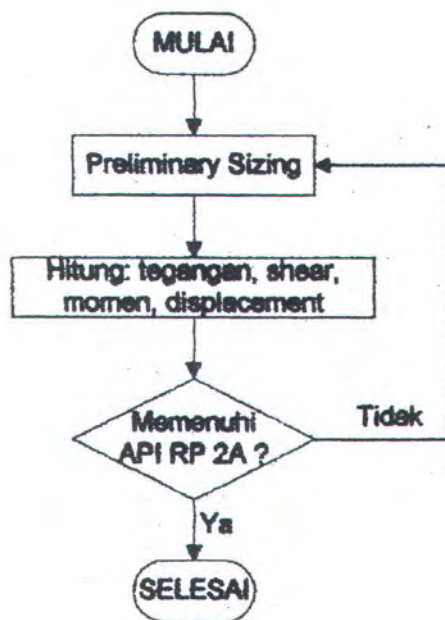


Gambar 1.4.2 Struktur *tripod* dengan tata letak *bracing* N dan X tanpa *bracing* horisontal

1.6 Metodologi Penelitian

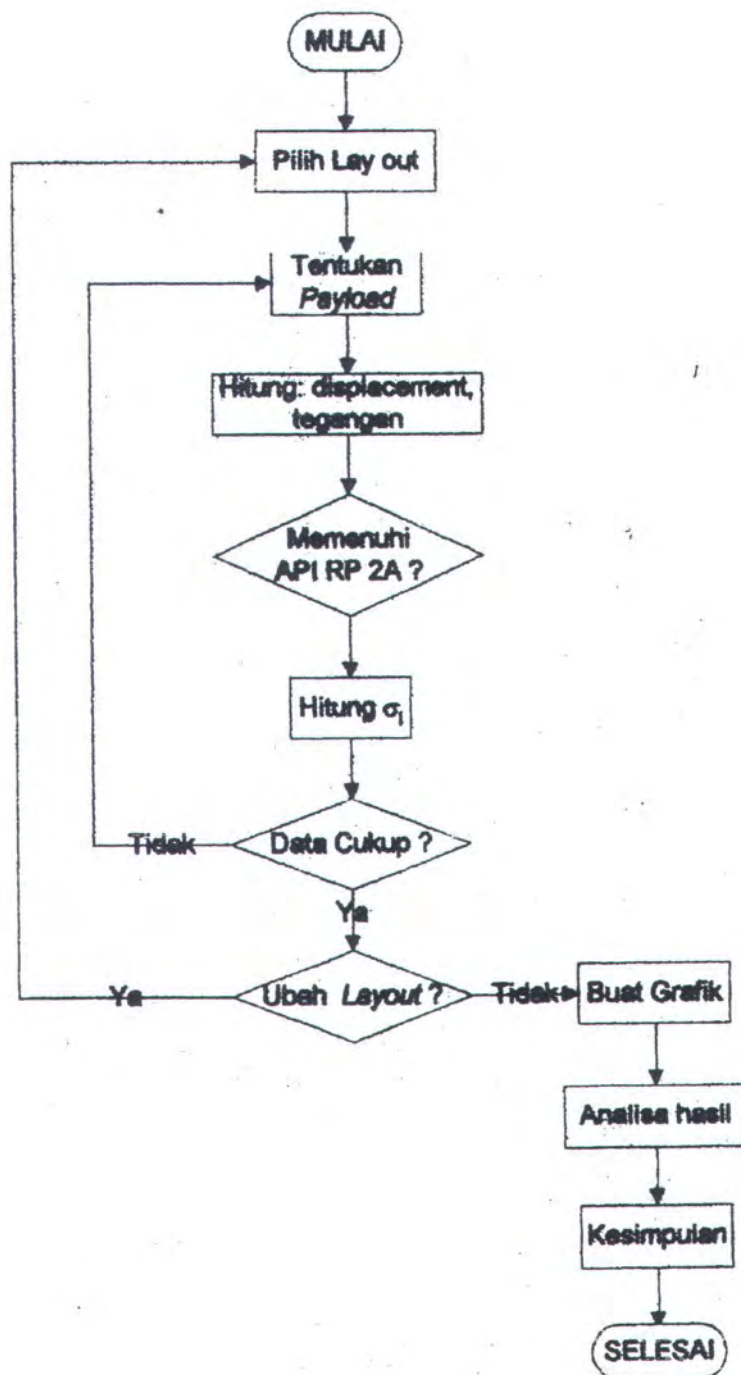
Metodologi penelitian dibagi dalam dua tahap yaitu tahap disain dan tahap utama dimana hasil dari tahap pertama akan dijadikan masukan pada tahap utama seperti pada dapat dilihat dalam diagram alir berikut.

TAHAP DISAIN



Gambar 1.6.1 Diagram alir tahap disain

TAHAP UTAMA



Gambar 1.6.2 Diagram alir tahap utama

1.7 Sistematika Penulisan

Tahap-tahap penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menerangkan dasar-dasar pemikiran atau latar belakang, tujuan, dan lingkup analisa penulisan tugas akhir ini.

BAB II : DASAR TEORI

Berisi antara lain tentang:

- Dasar-dasar perancangan struktur
- Dasar teori gelombang yang digunakan dalam perhitungan beban gelombang yang bekerja pada struktur
- Pembahasan tentang analisa statis pada struktur *jacket* dengan menggunakan metode elemen hingga
- Kriteria kekuatan yang dirumuskan oleh API
- Dasar teori untuk analisa dinamis

BAB III : DISAIN AWAL STRUKTUR

Penentuan ukuran utama dari model-model struktur yang akan dianalisa serta perhitungan beban gelombang dan *payload* yang bekerja pada struktur tercakup dalam bab ini.

BAB IV : PERHITUNGAN DAN ANALISA

Hasil perhitungan beban yang telah dari bab bab III dijadikan input dalam perhitungan tegangan dan *displacement* dengan menggunakan perangkat lunak NASTRAN. Hasil dari perhitungan tersebut diperiksa hingga memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh API.

BAB V : KESIMPULAN

Bab ini berisi ringkasan hasil perhitungan dan analisa tegangan dan *displacement* yang terjadi pada berbagai struktur *jacket* dengan disain peletakkan *brace*-nya masing-masing dan kemudian dibuat grafiknya sehingga dapat ditentukan tipe struktur *jacket* dengan disain peletakkan *brace* yang terbaik.

*Aku akan meneguhkan, bahkan akan menolong engkau;
Aku akan memegang engkau dengan tangan kanan-Ku yang
membawa kemenangan*

(Yesaya 41 : 10b)



BAB II

DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Proses Perancangan

Dalam melakukan suatu proses perancangan hal yang menjadi pertimbangan utama adalah kekuatan rancangan. Suatu rancangan dikatakan memenuhi kriteria kekuatan apabila tegangan pada setiap titiknya lebih kecil atau sama dengan tegangan ijin di titik tersebut.

Tiga hal yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam kegiatan perancangan adalah :

- ♣ Beban Operasional (*Operational Loading*)
- ♣ Standard dan Peraturan (*Standard and Regulation*)
- ♣ Pemeliharaan (*Maintenance*)

Secara garis besar prosedur perancangan suatu *fixed offshore structure* adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi gaya luar.

Perkiraan gaya-gaya luar yang bekerja pada struktur sangat tergantung dari kondisi lingkungan tempat beroperasinya *fixed offshore structure* dan asumsi-asumsi yang digunakan dalam perancangan.

2. Perhitungan gaya dan momen yang bekerja.

Besar gaya dan momen yang bekerja pada struktur akan mempengaruhi respon dari struktur tersebut.

3. Perancangan pondasi.

Perencanaan pondasi ini merupakan perencanaan dimensi *pile* dan penetrasinya pada permukaan dasar laut yang tergantung dari reaksi pondasi akibat beban-beban dan momen yang bekerja pada struktur tersebut.

4. Perancangan struktur rangka.

Perencanaan struktur rangka dari kaki *jacket* dan *brace* dimodelkan sebagai *frame* 3-dimensi. Dengan pemodelan 3-dimensi ini maka dapat ditentukan arah beban terbesar yang menimbulkan tegangan paling besar. Arah beban kritis inilah yang nantinya digunakan untuk analisa pembebanan selanjutnya.

5. Analisa terhadap kriteria kekuatan.

Analisa ini merupakan pemeriksaan tegangan yang terjadi pada komponen-komponen struktur tersebut. Apabila tegangan yang timbul masih di atas tegangan ijinnya, maka perlu dilakukan perubahan pada ukuran awal komponen struktur tersebut.

2.1.1 Perancangan *Jacket*

Parameter-parameter yang dipakai dalam merancang komponen struktur *jacket* adalah

$$\heartsuit \text{ slenderness ratio } \left(\frac{kL}{r} \right)$$

dimana k = *bucklingl ength factor*

L = panjang elemen

r = jari-jari girasi = $0.35 D$



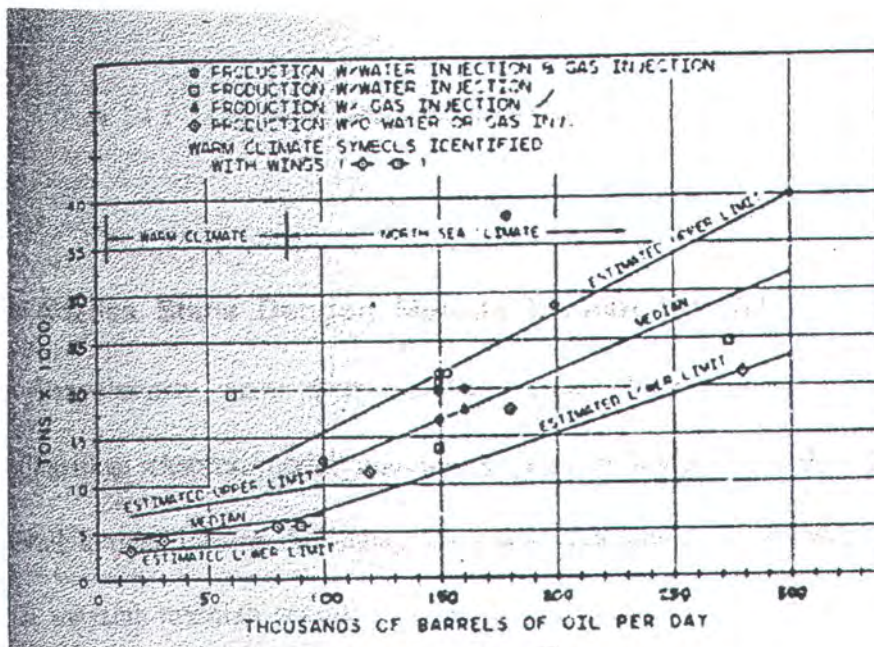
♥ diameter to wall thickness ratio $\left(\frac{d}{t}\right)$

Tabel 2.1.1 D/t ratio range untuk kerangka [McClelland-Reifel(1986)]

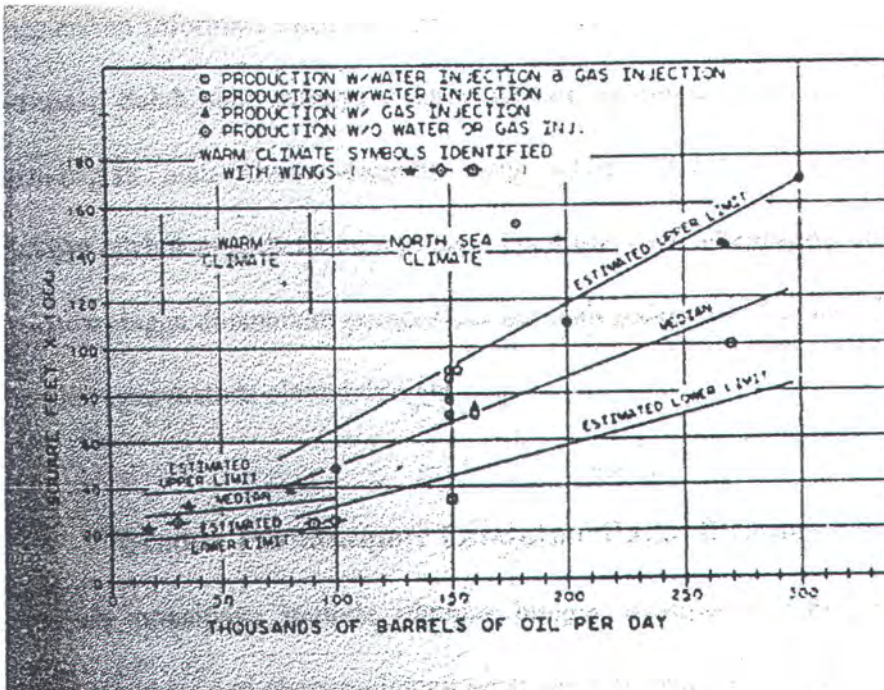
Komponen Struktur Rangka	D/t
Kaki struktur	45
Sambungan kaki	30 - 35
Brace	40 - 60
Seksi sambungan brace	35 - 40
Kaki geladak	35 - 40
Brace truss geladak	35 - 45

2.1.2 Geladak

Untuk menghitung dimensi bangunan atas anjungan dapat dilihat pada grafik 2.4.2 dimana pada grafik tersebut akan diperoleh luas bangunan atas sebagai fungsi laju produksi minyak per hari. Sedangkan untuk menentukan berat struktur sebagai fungsi laju produksi minyak per hari dapat dilihat pada grafik 2.1.1.



Gambar 2.1.1 Perkiraan berat geladak sebagai fungsi dari produksi minyak rata-rata per hari



Gambar 2.1.2 Perkiraan luas geladak sebagai fungsi dari produksi minyak rata-rata per hari

2.2 Beban Gelombang

Dalam perhitungan beban gelombang ada beberapa teori gelombang yang dapat digunakan misalnya teori gelombang *Airy* atau *Stokes 2nd Orde*. Dari ketentuan-ketentuan yang berlaku pada teori-teori gelombang tersebut, kemudian dilakukan analisa terhadap kondisi perairan dari lokasi *fixed offshore structure* tersebut untuk memperoleh besarnya kecepatan dan percepatan vertikal dan horisontal partikel fluida untuk setiap kedalaman. Kecepatan dan percepatan partikel merupakan fungsi dari tinggi gelombang (H), Periode gelombang (T), kedalaman perairan (d), jarak partikel dari dasar laut (z), dan waktu (t).

Penentuan teori gelombang yang digunakan yaitu sesuai dengan diagram validitas teori gelombang dari Dean (1968) dan LeMehaute (1970) dalam (Chakrabarti, 1987) dengan menggunakan parameter-parameter H/gT^2 dan d/gT^2 . Sedangkan untuk penentuan variasi kedalaman (*deep*, *intermediate* dan *shallow water*) digunakan parameter d/L .

2.2.1 Teori Gelombang Linier

Teori gelombang yang digunakan dalam studi ini adalah teori gelombang linier. Teori gelombang ini sangat berguna dalam proses perancangan pada analisa awal. Teori ini didasarkan pada asumsi bahwa tinggi gelombang dianggap sangat kecil bila dibandingkan dengan panjang gelombang dan kedalaman perairan. Kecepatan vertikal dan horisontal partikel fluida dapat dihitung dengan persamaan :

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh ks}{\sinh kd} \cos \theta \quad (2.2.1)$$

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh ks}{\sinh kd} \sin \theta \quad (2.2.2)$$

Percepatan vertikal dan horisontal partikel fluida dihitung dengan persamaan :

$$\frac{du}{dt} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh ks}{\sinh kd} \sin \theta \quad (2.2.3)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\sinh ks}{\sinh kd} \cos \theta \quad (2.2.4)$$

2.2.2 Perhitungan Beban Gelombang

Beban gelombang yang bekerja merupakan penjumlahan dari gaya-gaya yang timbul, yaitu *Drag force*, *Inertia force* dan *Froude-Krylov force*. Dengan

menggunakan pendekatan maka suku non-linier (*Drag force*) dapat dijumlahkan secara langsung dengan suku linier (*Inertia force* dan *Froude-Krylov force*).

Dimana $|u|$ (non-linier) $\approx \sqrt{\frac{8}{\pi}} u_{rms}$ (linier). Suku $|u|$ disini dipakai karena

beban gelombang ini adalah besaran vektor yang mempunyai arah.

Maka untuk analisa beban gelombang selanjutnya digunakan persamaan sebagai berikut [Morison (1950)] :

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho D |u| u \quad (2.2.5)$$

$$F_i = C_m \rho A \dot{u} \quad (2.2.6)$$

$$F = F_i + F_d = \frac{1}{2} C_d \rho D |u| u + C_m \rho A \dot{u} \quad (2.2.7)$$

dimana :

C_d = Koefisien drag.

C_m = Koefisien inersia.

ρ = Massa jenis air laut (kg/m^3).

D = Diameter silinder (m).

A = Luasan penampang (m^2).

u = Kecepatan horisontal partikel fluida (m/dt).

\dot{u} = Percepatan horisontal partikel fluida (m/dt^2).

2.3 Prosedur Perhitungan Lendutan Pada Struktur *Jacket* dengan Metode Elemen Hingga.

Dalam bidang rekayasa, penyelesaian masalah umumnya membutuhkan ekspresi/model matematik yang melibatkan kondisi batas (*boundary condition*), sifat material, ketidaklinieran dan sebagainya, sehingga jarang sekali model matematis untuk masalah-masalah teknik yang bisa diselesaikan secara analitis. Realita inilah yang mendorong *engineer* untuk menggunakan analisis numerik yang kendatipun hasilnya masih bersifat pendekatan tetapi cukup dapat diterima.

Berdasarkan sifatnya, pendekatan numerik selalu menggunakan informasi yang ada pada *joint*. Proses penentuan *joint* ini disebut *discretization*. Salah satu caranya adalah dengan membagi suatu sistem menjadi beberapa elemen yang lebih kecil. Pemecahan masalah kemudian dilakukan pada elemen-elemen kecil ini, yang selanjutnya digabungkan kembali sehingga diperoleh pemecahan masalah secara keseluruhan. Metode ini dikenal dengan *Finite Element Methods (FEM)* atau Metode Elemen Hingga.

Pada prinsipnya Metode Elemen Hingga memperlakukan suatu sistem sebagai kumpulan elemen-elemen kecil yang dihubungkan oleh titik-titik yang disebut *joint*.

Fungsi yang sederhana umumnya dipilih untuk mendekati distribusi atau variasi lendutan yang sesungguhnya pada tiap elemen tersebut. Fungsi yang harus memenuhi syarat-syarat tertentu itu disebut dengan *displacement function* atau *displacement model*. Hasil yang diinginkan seperti besar lendutan, dihitung pada

joint, sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah harga pendekatan dari lendutan pada lokasi-lokasi diskret dari sistem yang diselidiki, yaitu pada *nodes-point*-nya.

Untuk fungsi *displacement*-nya, bisa dipilih fungsi polinomial atau fungsi trigonometri, atau juga beberapa fungsi sederhana yang lain. Umumnya digunakan polinomial karena fungsi ini mudah dimanipulasi secara matematis. Secara ringkas prosedur analisis lendutan dan tegangan dengan Metode Elemen Hingga adalah sebagai berikut:

2.3.1. Pendiskretan sistem yang dianalisis.

Dalam proses ini, sistem yang dianalisis dibagi menjadi beberapa elemen kecil. Beberapa usaha telah dilakukan untuk membagi sistem yang diinginkan secara otomatis, namun masih banyak hal yang tergantung kecakapan individu, seperti penentuan model, jumlah serta dimensi yang harus memenuhi syarat. Pendiskretan merupakan tahap yang penting untuk sistem yang kompleks dan besar, sehingga hanya bagian-bagian tertentu saja yang akan diselidiki dan dianalisis.

Secara fisik, struktur *jacket* yang terdiri dari *chord* dan *brace* merupakan elemen *space-frame* yang merupakan gabungan antara elemen *truss* dan elemen *beam* dalam koordinat global tiga dimensi. Pengasumsian ini didasarkan pada pembebanan dan lendutan yang akan terjadi pada elemen *space-frame* tersebut. Elemen *truss* adalah elemen yang akan mengalami pembebanan dan lendutan pada arah aksial (pada arah sumbu elemen) sedangkan elemen *beam* akan mengalami pembebanan, lendutan dan momen ke arah lateral.

Elemen *chord* dan *brace* pada struktur *jacket* akan mengalami pembebanan dari segala arah (aksial dan lateral) dalam ruang sehingga elemen *chord* dan *brace* tersebut akan mengalami lendutan dan momen ke segala arah pula. Jadi pendekatan model elemen yang paling baik untuk elemen *chord* dan *brace* ini adalah gabungan antara elemen *truss* dan *beam* dalam koordinat global tiga dimensi atau *space-frame*.

2.3.2. Pemilihan model lendutan.

Meski hanya bersifat pendekatan, pemilihan model lendutan tetap harus memenuhi ketentuan pokok tertentu. Sebagai contoh, derajat dari fungsi polinomial yang umum digunakan sebagai model lendutan dipilih/dibatasi atas dasar pertimbangan-pertimbangan praktis. Memang pendekatan akan menjadi eksak dengan derajat polinomial yang tak terhingga, namun hal ini akan menjadi tidak efisien dilaksanakan (dari segi waktu dan perhitungan).

Model polinomial sederhana yang sering digunakan adalah polinomial linier, seperti berikut:

$$u(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 x^2 + \alpha_3 x^3 + \dots + \alpha_n x^n \quad (2.3.1)$$

Bentuk polinomial ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan matriks sebagai berikut:

$$\{u\} = [\phi]\{\alpha\} \quad (2.3.2)$$

Dimana:

$\{u\}$ = Matriks model lendutan

$[\phi]$ = Matriks koordinat masing-masing simpul



$\{\alpha\}$ = Matriks koordinat umum

Kemudian antara lendutan dan simpul dengan koordinat umum dihubungkan dengan persamaan matriks berikut:

$$\{q\} = [A]\{\alpha\} \quad \text{atau}$$

$$\{\alpha\} = [A]^{-1}\{q\} \quad (2.3.3)$$

Substitusi persamaan (2.3.3) ke persamaan (2.3.2) menghasilkan persamaan matriks yang menyatakan hubungan antara model lendutan (u) dan vektor lendutan simpul (q) dalam bentuk:

$$\{u\} = [\phi][A]^{-1}\{q\} \quad (2.3.4)$$

Fungsi yang menghubungkan model lendutan dan vektor lendutan simpul di atas disebut fungsi bentuk (*shape function*). Notasinya adalah seperti di bawah ini:

$$[N] = [\phi][A]^{-1} \quad (2.3.5)$$

Fungsi bentuk merupakan dasar pembentuk matriks kekakuan dan gaya simpul ekuivalen.

2.3.3. Penurunan matriks kekakuan elemen.

Kekakuan pada dasarnya menghubungkan *displacement* pada *joint* dengan gaya-gaya luar yang bekerja pada *joint* tersebut. Analisis struktur dengan metode energi mengharuskan struktur hanya menerima beban yang bekerja pada titik-titik simpul. Namun pada kondisi pembebanan yang sebenarnya, seperti beban gelombang pada struktur *jacket*, gaya yang terjadi umumnya terdistribusi secara merata sepanjang elemen. Agar syarat di atas terpenuhi, maka beban merata tersebut harus diubah bentuknya menjadi beban terpusat lain yang sebenarnya

pada struktur, seperti berat anjungan/bangunan atas, maka akan diperoleh gaya simpul gabungan. Gaya simpul gabungan inilah yang digunakan dalam analisis pada struktur *jacket* dengan metode energi. Hubungan ini dinyatakan dalam persamaan matriks keseimbangan statis dalam bentuk berikut:

$$[K]\{q\} = \{Q\} \quad (2.3.6)$$

Dimana:

$[K]$ = matriks kekakuan

$\{q\}$ = matriks vektor lendutan simpul

$\{Q\}$ = matriks vektor dari gaya simpul gabungan

Lendutan yang diperoleh pada tiap elemen ini adalah lendutan yang ditinjau dari sumbu koordinat lokal atau koordinat elemen. Untuk masalah-masalah yang sederhana, matriks kekakuan bisa ditentukan dengan menggunakan asas keseimbangan, namun hal tersebut sulit diterapkan pada sistem yang kompleks.

Matriks kekakuan dipengaruhi oleh tiga hal berikut:

1. model lendutan yang dipakai,
2. geometri dari elemen-elemennya,
3. sifat material elemen.

Karena sifat material ini bisa berbeda-beda untuk setiap elemen, maka metode ini memungkinkan untuk dipakai pada sistem atau struktur yang terdiri dari bermacam-macam material yang berbeda sifatnya.

Penurunan matriks kekakuan elemen *space frame* (persamaan 2.3.7) untuk analisis lendutan pada struktur *jacket* ini menggunakan metoda energi.

2.3.4. Penggabungan (*assembly*) elemen-elemen.

Proses ini didasarkan pada anggapan kontinuitas pada *joint* yang menghubungkan satu elemen dengan elemen yang lain.

$$\begin{bmatrix}
 \frac{EA_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{EA_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & 0 & -\frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{L^2} \\
 0 & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{L^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \frac{GI_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GI_x}{L} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{4EI_y}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{2EI_y}{L} & 0 \\
 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_z}{L} \\
 -\frac{EA_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EA_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -\frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{L^2} \\
 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{L^3} & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -\frac{GI_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GI_x}{L} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{2EI_y}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{4EI_y}{L} & 0 \\
 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{L}
 \end{bmatrix}$$

Matriks Kekakuan Elemen *Space Frame*

(2.3.7)

Pada proses ini persamaan yang dihasilkan berupa seperangkat persamaan aljabar simultan. Pada masalah teknik yang riil, ukuran matriksnya akan sangat besar dan sulit untuk diselesaikan secara manual. Disinilah peran komputer yang memiliki kemampuan perhitungan yang tinggi menjadi suatu keharusan.

Adapun persamaan global yang harus diselesaikan dalam proses penggabungan elemen ini adalah:

$$[K]\{r\} = \{R\} \quad (2.3.8)$$

Dimana:

$[K]$ = matriks kekakuan global

$\{r\}$ = matriks vektor lendutan untuk seluruh sistem yang dianalisis

$\{R\}$ = matriks pembebanan global

Matriks kekakuan dan pembebanan global pada persamaan tersebut adalah matriks kekakuan dan pembebanan lokal yang sudah ditransformasikan ke dalam koordinat global atau koordinat struktur. Jadi dalam proses penggabungan elemen ini perlu didefinisikan terlebih dahulu matriks transformasi atau matriks rotasinya.

2.3.5. Perhitungan lendutan dari persamaan aljabar simultan.

Setelah persamaan global dan kondisi batas dihubungkan, maka persamaan aljabar simultan tersebut dapat diselesaikan untuk mendapatkan besarnya lendutan. Untuk persamaan linier hal ini mudah diselesaikan, tetapi untuk yang nonlinier tidak mudah, sehingga beberapa metode bantu untuk memodifikasi persamaan digunakan untuk maksud tersebut, sehingga proses manipulasi dapat dilakukan komputer dengan lebih cepat.

2.3.6. Perhitungan tegangan.

Perhitungan pada tahap ini disebut *post processing*, karena sebenarnya masalah Metode Elemen Hingga hanya sampai pada proses perhitungan lendutan saja, dengan kata lain tujuan utama dari perhitungan dengan Metode Elemen Hingga ini adalah mendapatkan harga lendutan.

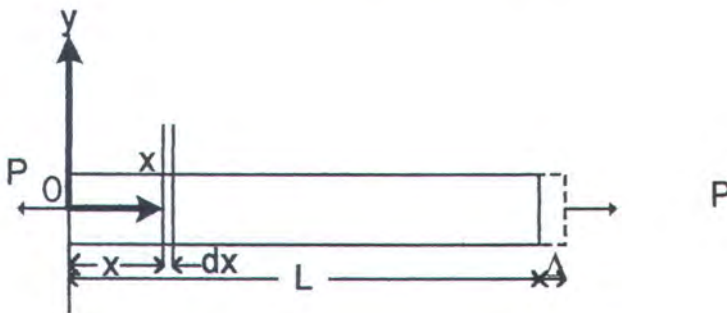
2.4 Tegangan pada elemen rangka dengan Metode Analisis Statis.

Bila suatu struktur mengalami pembebanan, maka pada elemen-elemen pembentuk struktur tersebut selain akan terjadi lendutan juga akan timbul tegangan. Tegangan menyatakan aksi terbesar yang terjadi secara internal antara elemen-elemen yang berdekatan dalam struktur. Analisis tegangan dengan metode statis ini berdasar pada Hukum *Hooke* yang menganggap bahan bersifat elastis linier, sehingga prinsip superposisi bisa digunakan untuk menggabungkan tegangan akibat berbagai sistem pembebanan.

2.4.1. Tegangan normal/aksial.

Pada gambar 2.4., batang mengalami pembebanan aksial akibat gaya tarik P . Akibat gaya ini, batang akan mengalami tegangan aksial sebesar:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{dengan} \quad A = \text{Luas penampang lintang} \quad (2.4.1)$$

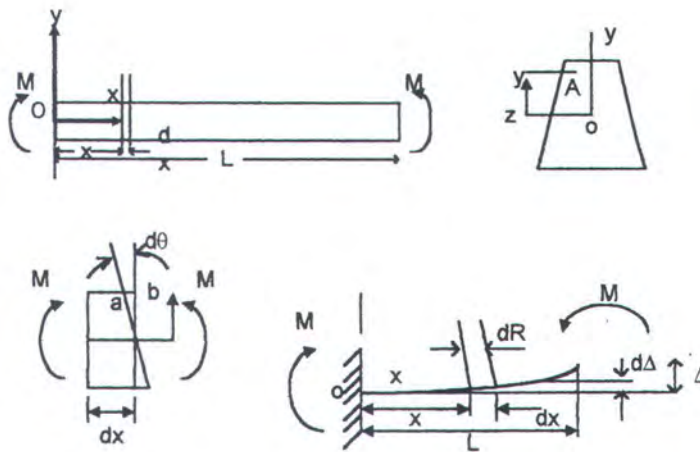


Gambar 2.4.1 Pembebanan aksial pada batang tubular

Selain akibat gaya aksial, tegangan aksial dapat diakibatkan juga oleh momen lentur murni akibat kopel M yang terjadi di setiap ujungnya (gambar 2.4.2). Tegangan yang terjadi akibat momen ini dikenal sebagai *bending stress* atau tegangan lentur.

$$\sigma = -\frac{My}{I} \quad (2.4.2)$$

dimana y adalah jarak dari sumbu netral ke sembarang titik A pada penampang (gambar 2.4.3) dan I_z adalah momen inersia bidang penampang melintang terhadap sumbu z .

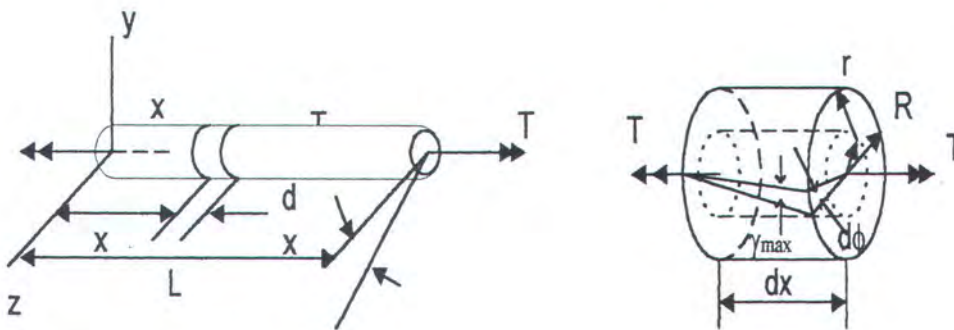


Gambar 2.4.2 Tegangan aksial akibat kopel

Interaksi antara kedua jenis tegangan aksial di atas dalam kaitannya dengan superposisi antara kedua jenis tegangan aksial tersebut, menghasilkan koreksi pada besar tegangan lentur. Pengurangan besar tegangan lentur akibat adanya tegangan tarik dapat diabaikan tetapi penambahan besar tegangan lentur akibat terbentuknya tegangan *buckling* yang disebabkan oleh tegangan aksial tekan, perlu diperhatikan.

2.4.2. Tegangan geser.

Batang penampang bulat juga akan mengalami tegangan geser walau besarnya tidak terlalu berarti. Penyebab paling besar terjadinya tegangan geser pada elemen penampang bulat seperti *leg* struktur *jacket*, adalah momen puntiran aksial (*axial torque*). Pada gambar 2.6., tampak batang tubular dengan panjang L , mengalami pembebanan momen puntir T di kedua ujungnya.



Gambar 2.4.3 Momen puntir pada batang tubular

Tegangan geser maksimum akan terjadi di permukaan luar batang dan dihitung dengan rumus :

$$\tau = \frac{T.R}{J} \quad (2.4.3)$$

dimana J adalah momen inersia polar penampang lingkaran (in^4), T adalah momen torsi yang terkonsentrasi (kip-in), dan R adalah jari-jari penampang batang

Adapun nilai momen inersia polar J adalah (Rokach, 1991):

$$J = \frac{\pi}{2} (R_o^4 - R_i^4) \quad \text{untuk } circular \text{ ring} \quad (2.4.4)$$

$$J = \frac{\pi}{2} R^4 \quad \text{untuk } round \text{ bar} \quad (2.4.5)$$

Tegangan geser yang bekerja pada penampang lintang lingkaran dan R adalah jari-jari penampang batang. Tegangan geser yang bekerja pada penampang lintang lingkaran selalu berarah tengensial (tegak lurus jari-jari) dan mempunyai arah yang sama dengan momen puntir.

2.5. Tegangan Ijin

Tegangan ijin yang berlaku pada struktur *jacket* akan dihitung berdasarkan API-RP2A (*Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms*).

a. tegangan tarik (*axial tension*)

$$F = 0.6 F_Y \quad (\text{MPa}) \quad (2.5.1)$$

F_Y adalah tegangan *yield*

b. tegangan tekan (*axial compression*) - *column buckling*

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2.C_c^2} \right]}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8.C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8.C_c^3}} \cdot F_y \quad \text{untuk } Kl/r < C_c \quad (2.5.2)$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23.(Kl/r)^2} \quad \text{untuk } Kl/r \geq C_c \quad (2.5.3)$$

$$C_C = \left[\frac{2\pi^2 \cdot E}{F_y} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.5.4)$$

c. tegangan tekuk (*bending*) – dalam SI

$$F_b = 0,75 F_y \quad \text{untuk } D/t \leq 10340/F_y \quad (2.5.5)$$

$$F_b = [0,84 - 1,74 \cdot F_y \cdot D / E \cdot t] F_y \quad \text{untuk } 10340/F_y < D/t \leq 20680/F_y \quad (2.5.6)$$

$$F_b = [0,72 - 0,58 \cdot F_y \cdot D / E \cdot t] F_y \quad \text{untuk } 20680/F_y < D/t \leq 300 \quad (2.5.7)$$

d. tegangan geser (*shear*)

♣ tegangan geser *beam* maksimum:

$$f_v = \frac{V}{0,5} \text{ (MPa)} \quad (2.5.8)$$

V = gaya geser memanjang (MN)

A = luas (m²)

$$\clubsuit \text{ tegangan geser } beam \text{ ijin: } F_v = 0,4 F_y \quad (2.5.9)$$

e. tegangan geser torsional

♣ tegangan geser torsional maksimum:

$$f_{vt} = \frac{M_t \cdot (D/2)}{I_p} \quad (2.5.10)$$

f_{vt} = tegangan torsi geser maksimum, ksi (MPa)

M_t = momen torsi (MN.m)

I_p = momen polar inersia (m⁴)

$$\clubsuit \text{ tegangan geser torsional ijin: } F_{vt} = 0,4 F_y \quad (2.5.11)$$

f. tegangan majemuk tekan dan tekuk

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{\sqrt{f_{xb}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (2.5.12)$$

apabila $f_a/F_a \leq 0.15$, maka digunakan

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (2.5.13)$$

2.6 Frekuensi Natural

Pada sistem dengan satu derajat kebebasan (tanpa damping), apabila sistem diganggu dari keseimbangannya maka sistem tersebut akan bergetar pada frekuensi naturalnya, yang dalam hal ini hanya ada satu. Demikian pula sistem tersebut akan hanya mempunyai satu konfigurasi displacement. Pada sistem dengan derajat kebebasan jamak, konfigurasi displacement ini tidak hanya satu. Konfigurasi displacement ini disebut *mode shape* atau sering disebut *mode* saja. Setiap *mode* ini bergetar dengan satu frekuensi natural, sehingga jumlah *mode* ini akan selalu sama dengan jumlah frekuensi naturalnya.

Frekuensi natural adalah frekuensi dari suatu sistem tanpa damping yang bergetar secara bebas (tidak ada gaya luar yang bekerja) apabila sistem diganggu dari keadaan keseimbangan. *Mode shapes* adalah amplitudo relatif dari suatu sistem dengan nilai terbesar = 1, jadi apabila suatu sistem (MDOF) bergetar pada salah satu frekuensi naturalnya, maka amplitudo respons akan mempunyai pola yang sama dengan *mode shapes*nya.

$$m \ddot{u} + ku = 0 \quad (2.6.1)$$

dimana m dan k adalah matriks ($N \times N$) dan $u(t)$ adalah koordinat *displacement*.

Harmonic motion

$$u = U \cos(\omega t - \alpha) \quad (2.6.2)$$

dengan mensubstitusikan persamaan 2.6.2 ke persamaan 2.6.1

$$(k - \omega^2 m)U = 0 \quad (2.6.3)$$

Persamaan karakteristik

$$\det(k - \omega^2 m) = 0 \quad (2.6.4)$$

ω_r^2 adalah *eigenvalue* (kuadrat dari frekuensi natural)

BAB III



Ja membuat segala sesuatu indah pada waktunya

(Pengkolbah 3 : 11a)

DISAIN AWAL STRUKTUR

BAB III

DISAIN AWAL STRUKTUR

3.1 Penentuan Ukuran Awal Struktur *Jacket* Kaki Tiga

Tahap pertama dalam mendisain suatu struktur *jacket* adalah menentukan ukuran-ukuran utama struktur yang diawali dengan penentuan geometri struktur. Dalam tugas akhir ini yang diambil sebagai model untuk dianalisa adalah struktur *jacket* kaki tiga dengan peletakan *brace* yang berbeda-beda.

Luas bangunan atas struktur diperoleh dari grafik 2.4.2 sebagai fungsi dari laju produksi minyak setiap hari. Dalam studi ini diasumsikan laju produksi minyak setiap hari adalah 120000 barrel minyak per hari (bopd) dengan menggunakan estimasi produk medium. Dari grafik tersebut diketahui luas bangunan atas struktur tersebut 55000 ft² atau 16764 m². Jika luas bangunan atas tersebut dibagi dalam dua level maka masing-masing level mempunyai luas 8382 m². Panjang sisi-sisinya apabila penampang bangunan atas tersebut berbentuk bujursangkar:

$$s = \sqrt{8382m^2} = 50.545m$$

Jarak antar kaki *jacket* ditentukan sebesar 26 m. Untuk semua model struktur, jarak antar kaki *jacket* adalah sama. Struktur dimodelkan tanpa *batter* sehingga jarak antar kaki *jacket* pada dasar laut adalah 26 m.

Tahap selanjutnya adalah menentukan koordinat struktur untuk masing-masing tata letak *brace*. Tata letak *brace* yang dimodelkan ada 4 macam yaitu:

- ◆ *Bracing* 1 (*bracing* X)

- ♦ *Bracing 2 (bracing K)*
- ♦ *Bracing 3 (bracing N)*
- ♦ *Bracing 4 (bracing X tanpa bracing horisontal)*

Model-model struktur dan koordinatnya masing-masing dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut ini.

Tabel 3.1.1 Koordinat struktur *tripod* dengan *bracing-1*

ID	x	y	z
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	17.00
3	0.00	0.00	34.00
4	0.00	0.00	51.00
5	0.00	0.00	68.00
6	0.00	0.00	85.00
7	13.00	0.00	85.00
8	13.00	0.00	68.00
9	13.00	0.00	51.00
10	13.00	0.00	34.00
11	13.00	0.00	17.00
12	13.00	0.00	0.00
13	26.00	0.00	0.00
14	26.00	0.00	17.00
15	26.00	0.00	34.00
16	26.00	0.00	51.00
17	26.00	0.00	68.00
18	26.00	0.00	85.00
19	19.50	11.26	85.00
20	19.50	11.26	68.00
21	19.50	11.26	51.00
22	19.50	11.26	34.00
23	19.50	11.26	17.00
24	19.50	11.26	0.00
25	13.00	22.52	0.00
26	13.00	22.52	17.00
27	13.00	22.52	34.00
28	13.00	22.52	51.00
29	13.00	22.52	68.00
30	13.00	22.52	85.00
31	6.80	11.26	85.00
32	6.80	11.26	68.00
33	6.80	11.26	51.00
34	6.80	11.26	34.00
35	6.80	11.26	17.00
36	6.80	11.26	0.00

Tabel 3.1.2 koordinat struktur *tripod* dengan *bracing-2*

ID	x	y	z
1	0	0	0
2	0	0	17
3	0	0	34
4	0	0	51
5	0	0	68
6	0	0	85
7	13	0	85
8	13	0	68
9	13	0	51
10	13	0	34
11	13	0	17
12	13	0	0
13	26	0	0
14	26	0	17
15	26	0	34
16	26	0	51
17	26	0	68
18	26	0	85
19	19.5	11.26	85
20	19.5	11.26	68
21	19.5	11.26	51
22	19.5	11.26	34
23	19.5	11.26	17
24	19.5	11.26	0
25	13	22.52	0
26	13	22.52	17
27	13	22.52	34
28	13	22.52	51
29	13	22.52	68
30	13	22.52	85
31	6.8	11.26	85
32	6.8	11.26	68
33	6.8	11.26	51
34	6.8	11.26	34
35	6.8	11.26	17
36	6.8	11.26	0

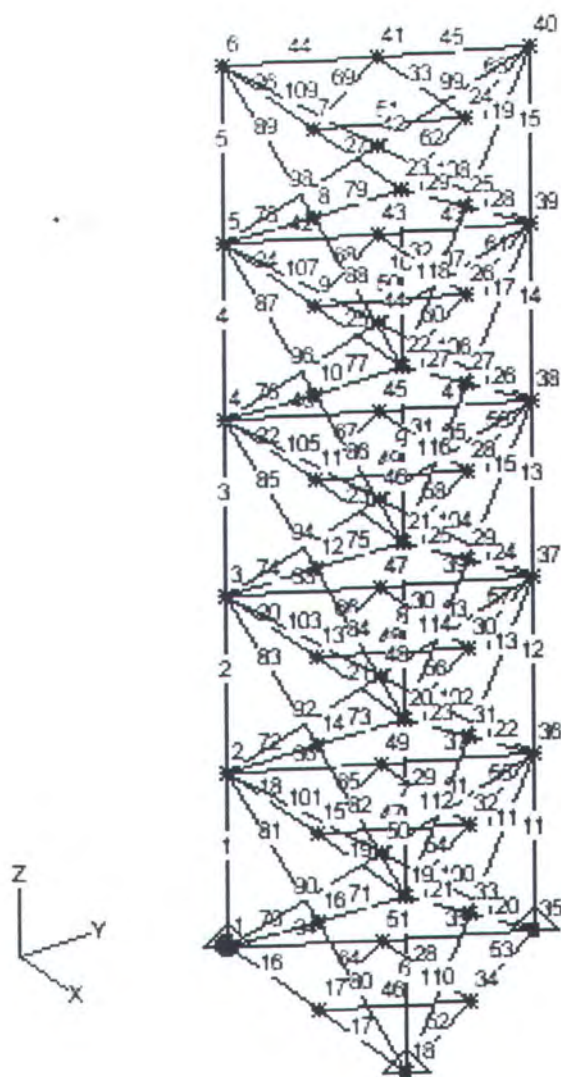
Tabel 3.1.3 Koordinat struktur *tripod* dengan *bracing-3*

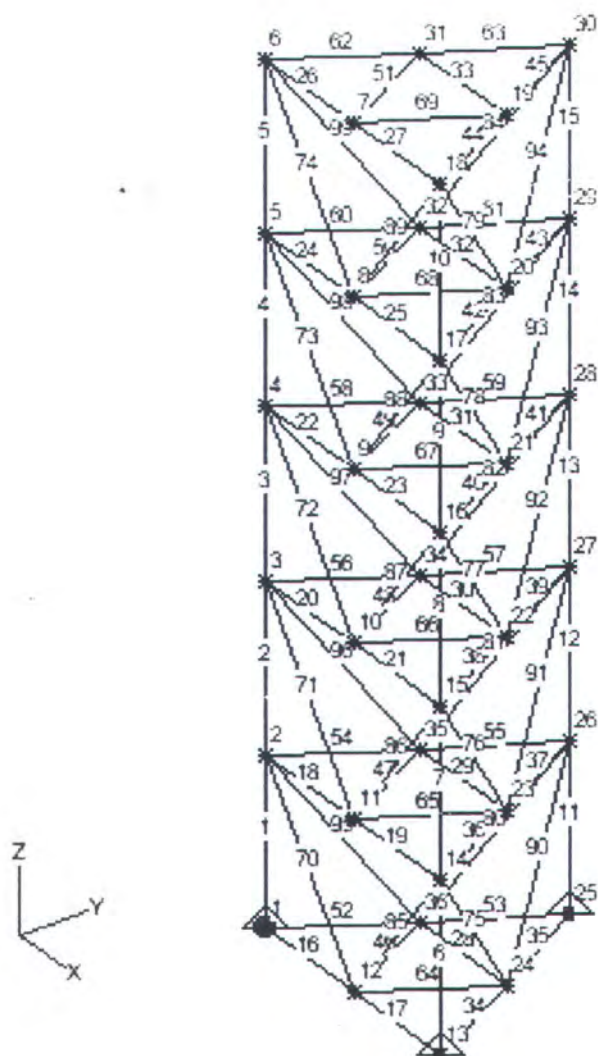
ID	x	y	z
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	17.00
3	0.00	0.00	34.00
4	0.00	0.00	51.00
5	0.00	0.00	68.00
6	0.00	0.00	85.00
7	13.00	0.00	85.00
8	13.00	0.00	76.50
9	13.00	0.00	68.00
10	13.00	0.00	59.50
11	13.00	0.00	51.00
12	13.00	0.00	42.50
13	13.00	0.00	34.00
14	13.00	0.00	25.50
15	13.00	0.00	17.00
16	13.00	0.00	8.50
17	13.00	0.00	0.00
18	26.00	0.00	0.00
19	26.00	0.00	17.00
20	26.00	0.00	34.00
21	26.00	0.00	51.00
22	26.00	0.00	68.00
23	26.00	0.00	85.00
24	19.50	11.26	85.00
25	19.50	11.26	76.50
26	19.50	11.26	68.00
27	19.50	11.26	59.50
28	19.50	11.26	51.00
29	19.50	11.26	42.50
30	19.50	11.26	34.00
31	19.50	11.26	25.50
32	19.50	11.26	17.00
33	19.50	11.26	8.50
34	19.50	11.26	0.00
35	13.00	22.52	0.00
36	13.00	22.52	17.00
37	13.00	22.52	34.00
38	13.00	22.52	51.00
39	13.00	22.52	68.00
40	13.00	22.52	85.00
41	6.80	11.26	85.00
42	6.80	11.26	76.50
43	6.80	11.26	68.00
44	6.80	11.26	59.50
45	6.80	11.26	51.00
46	6.80	11.26	42.50
47	6.80	11.26	34.00
48	6.80	11.26	25.50
49	6.80	11.26	17.00

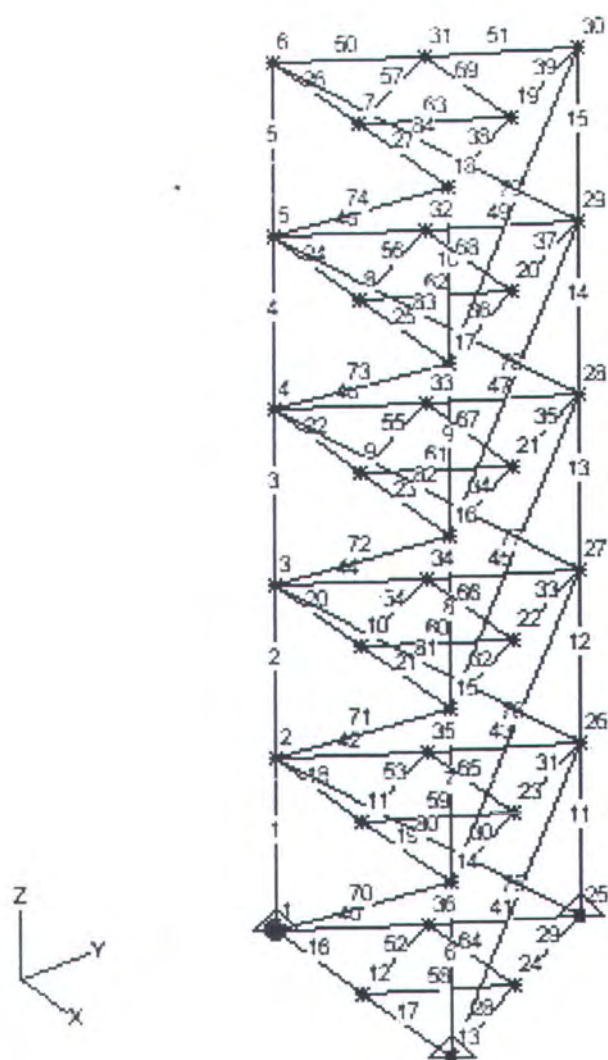
50	6.80	11.26	8.50
51	6.80	11.26	0.00

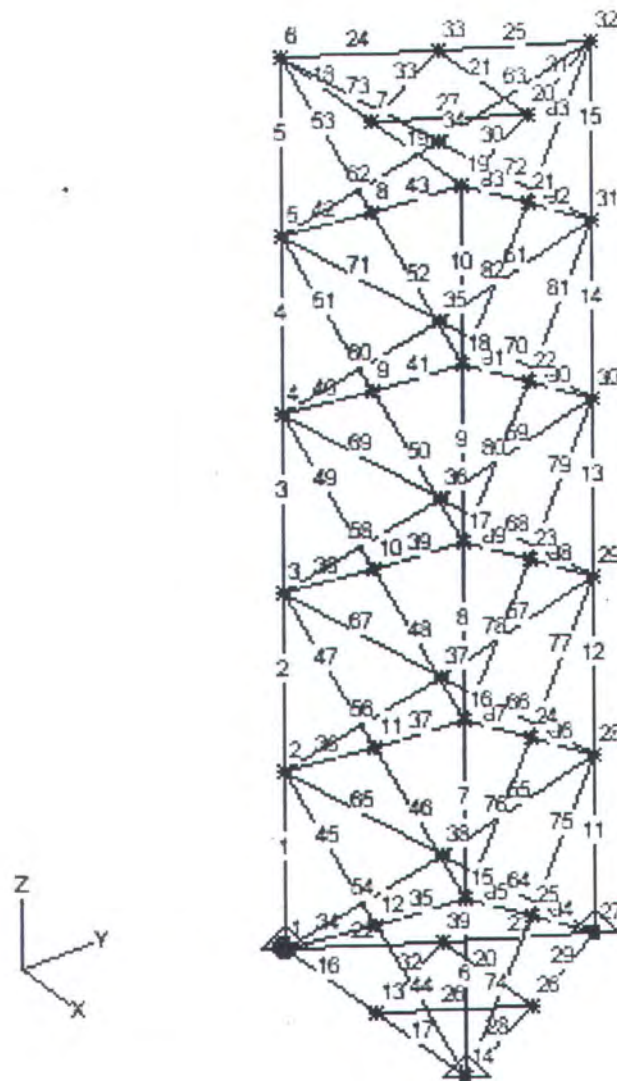
Tabel 3.1.4 Koordinat truktur *tripod* dengan *bracing-4*

ID	x	y	z
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	17.00
3	0.00	0.00	34.00
4	0.00	0.00	51.00
5	0.00	0.00	68.00
6	0.00	0.00	85.00
7	13.00	0.00	85.00
8	13.00	0.00	76.50
9	13.00	0.00	59.50
10	13.00	0.00	42.50
11	13.00	0.00	25.50
12	13.00	0.00	8.50
13	13.00	0.00	0.00
14	26.00	0.00	0.00
15	26.00	0.00	17.00
16	26.00	0.00	34.00
17	26.00	0.00	51.00
18	26.00	0.00	68.00
19	26.00	0.00	85.00
20	19.50	11.26	85.00
21	19.50	11.26	76.50
22	19.50	11.26	59.50
23	19.50	11.26	42.50
24	19.50	11.26	25.50
25	19.50	11.26	8.50
26	19.50	11.26	0.00
27	13.00	22.52	0.00
28	13.00	22.52	17.00
29	13.00	22.52	34.00
30	13.00	22.52	51.00
31	13.00	22.52	68.00
32	13.00	22.52	85.00
33	6.80	11.26	85.00
34	6.80	11.26	76.50
35	6.80	11.26	59.50
36	6.80	11.26	42.50
37	6.80	11.26	25.50
38	6.80	11.26	8.50
39	6.80	11.26	0.00

Gambar 3.1.1 Struktur *tripod* dengan tata letak *bracing*-1

Gambar 3.1.1 Struktur *tripod* dengan tata letak *bracing-2*

Gambar 3.1.1 Struktur *tripod* dengan tata letak *bracing-3*

Gambar 3.1.1 Struktur *tripod* dengan tata letak *bracing-4*

Setelah koordinat dan model struktur ditentukan kemudian ditentukan ukuran-ukuran awal tubular pada masing-masing komponen struktur. Dalam menentukan ukuran tubular ini, parameter yang paling menentukan adalah rasio kerampingan (kl/r). Pengambilan rasio kerampingan ini berdasarkan pada standar yang berlaku. Untuk kasus ini harga rasio kerampingan yang diambil adalah 100 untuk *chord* dan 110 untuk *bracing-bracingnya*.

Parameter lain yang menentukan selain rasio kerampingan adalah rasio diameter terhadap ketebalan (D/t) yang juga menunjukkan kestabilan terhadap terjadinya *buckling* lokal. Harga D/t yang diambil adalah 40. Hasil dari perhitungan komponen-komponen tubular tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.1.5 Dimensi awal komponen tubular

Item	Chord	horizontal	Horizontal Tengah	Diagonal N	Diagonal K	Diagonal X	Diagonal X-tbh
k	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8
L (m)	85	26	13	31	21	15.532	15.532
kl/r	100	100	100	110	110	110	110
r (m)	0.765	0.234	0.117	0.225455	0.152727	0.11296	0.11296
OD (r/0.35) (m)	2.185714	0.668571	0.334286	0.644156	0.436364	0.322743	0.322743
D/t	40	40	40	40	40	40	40
T (m)	0.054643	0.016714	0.008357	0.016104	0.010909	0.008069	0.008069
ID (OD-2t) (m)	2.076429	0.635143	0.317571	0.611948	0.414545	0.306606	0.306606
D _{av} ((OD+ID)/2) (m)	2.131071	0.651857	0.325929	0.628052	0.425455	0.314674	0.314674
R _{av} (0.5D _{av}) (m)	1.065536	0.325929	0.162964	0.314026	0.212727	0.157337	0.157337
A (2πR _{av} t) (m ²)	0.365832	0.034229	0.008557	0.031774	0.014581	0.007976	0.007976
I (πR _{av} ³ t) (m ⁴)	0.207676	0.001818	0.000114	0.001567	0.00033	9.87E-05	9.87E-05
J (0.03125π(OD ⁴ -ID ⁴)) (m ⁴)	0.415626	0.003638	0.000227	0.003135	0.00066	0.000198	0.000198

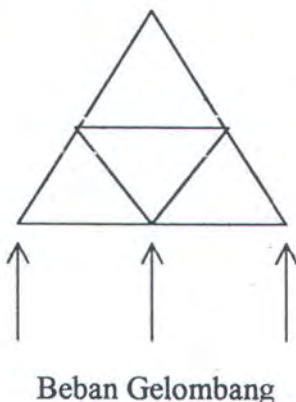
3.2 Perhitungan Beban Gelombang

Data gelombang yang dipakai diambil dari data perairan Kepulauan Natuna – Kalimantan Barat sebagai berikut:

- Kedalaman perairan = 81 m
- Tinggi Gelombang = 6 m
- Periode Gelombang = 11 detik

Pemodelan beban gelombang yang dialami oleh suatu struktur hanya dapat dilakukan dengan pendekatan saja dikarenakan bentuk gelombang di permukaan laut pada kondisi yang sebenarnya bersifat acak (random) sehingga sangat sulit melakukan penanganan dengan metode analitis tanpa asumsi yang memungkinkan. Dalam melakukan pemodelan, bentuk gelombang yang random tersebut diperlakukan sebagai gelombang reguler sehingga tidak mungkin mendapatkan hasil seperti yang terjadi sebenarnya di lapangan.

Berdasarkan kondisi lingkungan di atas, dalam perhitungan beban gelombang digunakan teori gelombang linier. Arah gelombang diasumsikan sejajar sumbu Y positif. Pada arah inilah beban gelombang dapat memberi dampak terburuk pada struktur karena pada arah tersebut struktur hanya ditumpu secara efektif oleh satu kaki.



Gambar 3.3.1 Arah datang gelombang

Perhitungan beban gelombang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *fortran* dengan data masukkan sebagai berikut:

- Panjang gelombang	= L	= 187.2778 meter
- Periode gelombang	= T	= 11.0000 detik
- Kedalaman air	= H	= 8.0000 meter
- Jarak antara <i>bracing</i> horisontal	= h	= 17.0000 meter
- Lebar puncak	= b1	= 26.0000 meter
- Lebar alas	= b2	= 26.0000 meter
- Koef. Drag (antara 0.6 s.d. 1.0)	= CD	= 0.6500
- Koef. Inersia (antara 1.5 s.d. 2.0)	= CM	= 2.0000
- Diameter nominal <i>chord</i>	= D	= 2.7321 meter
- Diameter nominal <i>brace</i> horisontal	= dh	= 0.6686 meter
- Diameter nominal <i>brace</i> diagonal	= dd	= 0.3631 meter
- Tebal dinding <i>chord</i>	= Tc	= 0.0683 meter
- Tebal dinding <i>brace</i> horisontal	= Tbh	= 0.0152 meter
- Tebal dinding <i>brace</i> diagonal	= Tbd	= 0.0091 meter
- Interval waktu	= It	= 1.0000 detik

Listing program perhitungan panjang gelombang dan perhitungan beban gelombang serta beban gelombang yang bekerja pada tiap-tiap elemen struktur dapat dilihat pada lampiran.

3.4.1 Penentuan *Payload*

Besar kecilnya kandungan minyak dalam reservoir mempengaruhi besar *payload* karena besar kecilnya reservoir ini secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi luas bangunan atas struktur,, peralatan-peralatan dan beban hidup struktur. Perkiraan besarnya *payload* berdasarkan pada grafik 2.4.1 dimana besarnya beban merupakan fungsi dari laju produksi minyak setiap hari. Dengan produksi minyak sebesar 120000 barrel per hari maka diperoleh besarnya beban antara 13000 hingga 14500 ton. Dalam analisa ini beban yang dikenakan pada struktur *tripod* ini adalah antara 6000 sampai 150000 ton.



Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah di dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur

(Filipi 4 : 6)

BAB IV



ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Struktur

Struktur jacket kaki tiga yang dianalisa mempunyai spesifikasi material sebagai berikut:

Material	=	ASTM A36
Young's Modulus (E)	=	$2 \cdot 10^5$ MPa
Shear's Modulus (G)	=	75842.106 MPa
Poisson Ratio	=	0,32
Fy	=	280 Mpa

Analisa struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Msc-NASTRAN sehingga secara langsung dapat diketahui respon dari masing-masing struktur untuk bermacam-macam tipe peletakan brace. Untuk setiap struktur beban vertikal yang diberikan adalah sebesar 6000 ton sampai dengan 15000 ton.

Tabel-tabel berikut ini memperlihatkan nilai maksimum dari respon yang diberikan oleh tiap-tiap struktur pada node atau elemen tertentu.

Tabel 4.1.1 Respon struktur tripod dengan tata letak brace-1 (bracing X)

Item	Payload										
	N/E	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000
Translasi (m)	8	0.395	0.395	0.395	0.396	0.396	0.396	0.396	0.397	0.397	0.397
Rotasi (rad)	17	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
Gaya aksial (MN)	11	24.063	27.344	30.626	33.809	37.070	40.373	43.555	46.837	50.100	53.401
Tegangan aksial (MPa)		65.781	74.752	83.724	92.424	101.338	110.368	119.068	128.039	136.960	145.983
Gaya geser (MN)	11	0.324	0.327	0.330	0.333	0.336	0.339	0.342	0.345	0.348	0.351
Tegangan geser (MPa)		1.773	1.790	1.805	1.821	1.837	1.853	1.868	1.884	1.900	1.916
Bending (MN.m)	11	5.418	5.449	5.480	5.510	5.541	5.572	5.602	5.633	5.664	5.695
Tegangan bending (MPa)		28.506	28.669	28.833	28.991	29.155	29.318	29.476	29.640	29.803	29.966
Torsi (MN.m)	6	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607
Tegangan torsi (MPa)		1.596	1.596	1.596	1.596	1.596	1.596	1.596	1.595	1.595	1.595
Bending pada sb x (MN.m)	16	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593
Tegangan bending thd sb x (Mpa)		8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382
Bending pada sb y (MN.m)	11	5.418	5.449	5.480	5.510	5.541	5.572	5.602	5.633	5.664	5.695
Tegangan bending thd sb y (Mpa)		28.506	28.669	28.833	28.991	29.155	29.318	29.476	29.640	29.803	29.966
Tegangan majemuk		94.287	103.421	112.557	121.415	130.493	139.685	148.544	157.679	166.763	175.949
Rasio Interaksi		0.534	0.589	0.643	0.695	0.749	0.804	0.856	0.910	0.964	1.019
Indeks struktural		0.009	0.010	0.012	0.013	0.015	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022

Tabel 4.1.2 Respon struktur dengan tata letak brace-2 (bracing K)

Item	Payload										
	N/E	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000
Translasi (m)	30	0.065	0.067	0.069	0.070	0.073	0.075	0.077	0.080	0.082	0.085
Rotasi (rad)	3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Gaya aksial (MN)	11	24.445	27.742	31.039	34.236	37.533	40.830	44.027	47.324	50.621	53.918
Tegangan aksial (MPa)		66.825	75.838	84.852	93.592	102.605	111.618	120.358	129.372	138.385	147.398
Gaya geser (MN)	11	0.275	0.276	0.277	0.278	0.278	0.279	0.280	0.281	0.281	0.282
Tegangan geser (MPa)		1.504	1.508	1.512	1.519	1.521	1.525	1.529	1.534	1.538	1.542
Bending (MN.m)	11	4.493	4.498	4.504	4.509	4.514	4.519	4.524	4.530	4.535	4.540
Tegangan bending (MPa)		23.641	23.669	23.697	23.723	23.751	23.779	23.806	23.833	23.861	23.889
Torsi (MN.m)	6	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218
Tegangan torsi (MPa)		0.574	0.574	0.574	0.574	0.574	0.574	0.574	0.574	0.574	0.574
Bending pada sb x (MN.m)	2	0.143	0.150	0.157	0.165	0.172	0.179	0.186	0.193	0.201	0.208
Tegangan bending thd sb x (Mpa)		0.752	0.790	0.828	0.866	0.904	0.942	0.979	1.017	1.055	1.094
Bending pada sb y (MN.m)	11	4.493	4.498	4.504	4.509	4.514	4.519	4.524	4.530	4.535	4.540
Tegangan bending thd sb y (Mpa)		23.641	23.669	23.697	23.723	23.751	23.779	23.806	23.833	23.861	23.889
Tegangan majemuk		90.466	99.507	108.548	117.315	126.356	135.397	144.164	153.205	162.246	171.287
Rasio Interaksi		0.512	0.565	0.619	0.671	0.725	0.779	0.831	0.885	0.939	0.992
Indeks struktural		0.009	0.010	0.0120	0.013	0.0150	0.0164	0.0179	0.0194	0.0209	0.022

Tabel 4.1.2 Respon struktur dengan tata letak brace-3 (bracing N)

Item	Payload										
	N/E	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000
Translasi (m)	18	0.077	0.082	0.087	0.091	0.096	0.101	0.106	0.111	0.116	0.121
Rotasi (rad)	31	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
Gaya aksial (MN)	11	23.798	27.077	30.356	33.536	36.815	40.094	43.274	46.553	49.832	53.112
Tegangan aksial (MPa)		65.058	74.022	82.986	91.679	100.643	109.607	118.300	127.264	136.229	145.193
Gaya geser (MN)	6	0.329	0.338	0.347	0.355	0.364	0.373	0.381	0.390	0.399	0.407
Tegangan geser (MPa)		1.799	1.847	1.894	1.941	1.989	2.037	2.084	2.131	2.179	2.227
Bending (MN.m)	6	5.423	5.588	5.752	5.912	6.011	6.242	6.402	6.567	6.731	6.896
Tegangan bending (MPa)		28.532	29.400	30.267	31.108	31.628	32.843	33.684	34.551	35.419	36.286
Torsi (MN.m)	6	0.793	0.855	0.918	0.978	1.040	1.103	1.163	1.225	1.288	1.350
Tegangan torsi (MPa)		2.085	2.249	2.413	2.572	2.735	2.899	3.058	3.222	3.386	3.549
Bending pada sb x (MN.m)	12	0.704	0.715	0.726	0.763	0.890	1.016	1.139	1.364	1.569	1.775
Tegangan bending thd sb x (Mpa)		3.706	3.763	3.819	4.015	4.681	5.346	5.991	7.175	8.257	9.340
Bending pada sb y (MN.m)	6	5.423	5.588	5.752	5.912	6.011	6.242	6.402	6.567	6.731	6.896
Tegangan bending thd sb y (Mpa)		28.532	29.400	30.267	31.108	31.628	32.843	33.684	34.551	35.419	36.286
Tegangan majemuk		93.590	103.422	113.253	122.787	132.271	142.450	151.984	161.815	171.647	181.479
Rasio Interaksi		0.526	0.583	0.641	0.697	0.753	0.812	0.869	0.927	0.986	1.044
Indeks struktural		0.009	0.0105	0.012	0.013	0.0150	0.016	0.018	0.0194	0.021	0.022

Tabel 4.1.4 Respon struktur dengan tata letak brace-4 (bracing X tanpa bracing horisontal)

Item	Payload										
	N/E	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000
ranslasi (m)	18	0.387	0.387	0.387	0.388	0.388	0.388	0.388	0.389	0.389	0.389
otasi (rad)	31	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
aya aksial (MN)	11	23.382	26.671	29.959	33.148	36.437	39.725	42.914	46.203	49.491	52.779
egangan aksial (MPa)		63.920	72.911	81.900	90.618	99.609	108.598	117.315	126.307	135.295	144.284
aya geser (MN)	11	0.339	0.351	0.363	0.375	0.387	0.399	0.411	0.423	0.435	0.447
egangan geser (MPa)		1.852	1.919	1.985	2.049	2.115	2.182	2.245	2.312	2.378	2.444
ending (MN.m)	11	5.267	5.405	5.544	5.678	5.876	5.954	6.088	6.226	6.364	6.502
egangan bending (MPa)		27.713	28.440	29.171	29.876	30.918	31.328	32.033	32.759	33.486	34.212
orsi (MN.m)	6	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953
egangan torsi (MPa)		2.507	2.507	2.507	2.507	2.507	2.507	2.507	2.507	2.507	2.507
ending pada sb x (MN.m)	16	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593	1.593
egangan bending thd sb x (Mpa)		8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382	8.382
ending pada sb y (MN.m)	11	5.267	5.405	5.544	5.678	5.876	5.954	6.088	6.226	6.364	6.502
egangan bending thd sb y (Mpa)		27.713	28.440	29.171	29.876	30.918	31.328	32.033	32.759	33.486	34.212
egangan majemuk		91.634	101.351	111.071	120.494	130.527	139.926	149.349	159.066	168.781	178.495
asio Interaksi		0.520	0.577	0.633	0.689	0.747	0.802	0.858	0.914	0.971	1.028
ndeks struktural		0.009	0.010	0.012	0.013	0.015	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022

4.2 Kriteria kekuatan dalam API – RP2A

Setelah dianalisa, respon dari struktur-struktur tersebut diperiksa berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan oleh API RP2A sehingga dapat diketahui sampai sejauh mana struktur tersebut mampu menanggung beban yang diberikan. Adapun tegangan–tegangan ijin untuk silinder (API, 1993) dapat dilihat di bawah ini.

4.2.1 Tegangan tarik aksial (axial tension)

Tegangan tarik :

$$F = 0,6 F_y$$

$$F = 0,6 \times 280$$

$$= 168 \text{ Mpa}$$

4.2.2 Tegangan tekan aksial (axial compression)

Tegangan tekan:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2.Cc^2} \right]}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8.Cc} - \frac{(KL/r)^3}{8.Cc^3}} \cdot F_y \quad \text{untuk } KL/r < Cc$$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(0,9.17/0,765)^2}{2.118,741^2} \right]}{\frac{5}{3} + \frac{3(0,9.17/0,765)}{8.118,741} - \frac{(0,9.17/0,765)^3}{8.118,741^3}}$$

$$F_a = 167.994 \text{ MPa}$$

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23(kL/r)^2} \quad \text{untuk } kL/r \geq C_c$$

$$F_a = \frac{12 \times 3,14^2 \times 2.10^5}{23(0,9.17/0,765)^2}$$

$$F_a = 3254.461 \text{ Mpa}$$

dimana $C_c = \left[\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{F_y} \right]^{\frac{1}{2}}$

$$C_c = \left[\frac{2 \times 3,14^2 \times 2.10^{11}}{280} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$C_c = 118,741$$

dan $kL/r = 0,8 \times 17 / 0,765$
 $= 17.78$

$E = 2.10^5 \text{ Mpa}$ Modulus Young

$L = 17 \text{ m}$ panjang unbraced

$k = 0,9$ faktor panjang efektif

$r = 0,765$ jari-jari girasi

Karena harga $kL/r < C_c$ sehingga besar tegangan aksial tekan yang diijinkan adalah 167.994 Mpa.

4.2.3 Tegangan tekuk

Tegangan tekuk :

$$F_b = 0,75 F_y$$

untuk $\frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y}$ dalam SI

$$F_b = 217,5 \text{ Mpa} \quad \text{untuk } \frac{D}{t} \leq 35,66 \text{ dalam SI}$$

$$F_b = \left[0,84 - 1,74 \frac{F_y D}{E t} \right] \cdot F_y \quad \text{untuk } \frac{10340}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y} \text{ dalam SI}$$

$$F_b = 210,54 \quad \text{untuk } 35,66 < \frac{D}{t} \leq 71,31 \text{ dalam SI}$$

$$F_b = \left[0,72 - 0,58 \frac{F_y D}{E t} \right] \cdot F_y \quad \text{untuk } \frac{20680}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300 \text{ dalam SI}$$

$$F_b = 197,98 \text{ MPa} \quad \text{untuk } 71,31 < \frac{D}{t} \leq 300 \text{ dalam SI}$$

Harga D/t yang digunakan untuk semua struktur adalah 40 sehingga harga F_b yang diambil adalah 210.54.

4.2.4 Tegangan geser

Tegangan geser maksimum yang diijinkan adalah :

$$F_v = 2 \cdot V/A$$

$$V = \text{gaya geser memanjang (MN)}$$

$$A = \text{luasan (m}^2\text{)}$$

Tegangan geser ijin :

$$F_v = 0,4 \times F_y$$

$$F_v = 112 \text{ MPa}$$

Tegangan geser torsional maksimum :

$$F_{vt} = \frac{M_t \left(\frac{D}{2} \right)}{I_p}$$

$$F_{vt} = \text{tegangan geser torsi maksimum (MPa)}$$

M_t = momen torsi

I_p = momen polar inersia (m^4)

Tegangan geser torsional ijin :

$F_{vt} = 0,4 \times F_y$

$= 112 \text{ MPa}$

4.2.5 Tegangan majemuk tekan dan tekuk

$$\frac{f_a}{0,6 F_y} + \frac{\sqrt{f_x b^2 + f_y b^2}}{F_b} \leq 1.0$$

apabila $\frac{f_a}{F_a} = \leq 0.15$, maka digunakan

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_x b^2 + f_y b^2}}{F_b} \leq 1.0$$

Rumusan ini akan digunakan untuk mengetahui rasio interaksi struktur yang dirancang.

Secara keseluruhan dapat dilihat tegangan ijin yang direkomendasikan API RP-2A seperti pada tabel dibawah.

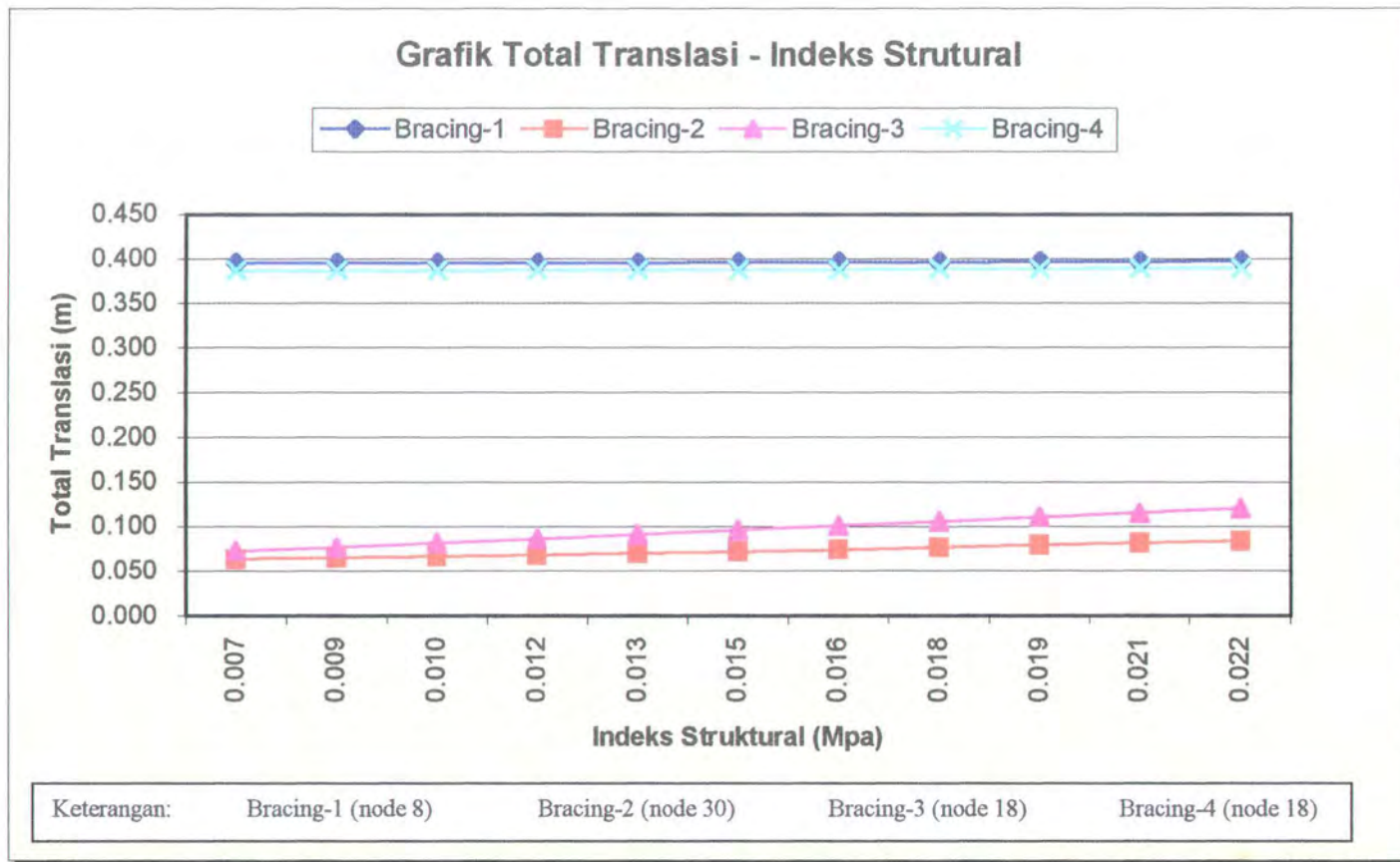
Tabel 4.2.1 Tegangan ijin yang direkomendasikan API RP - 2A

Item	Tegangan ijin API RP-2A
Tegangan aksial tarik	168
Tegangan aksial tekan	167.994
Tegangan akibat bending	210,54
Tegangan geser	112
Rasio interaksi	≤ 1.0

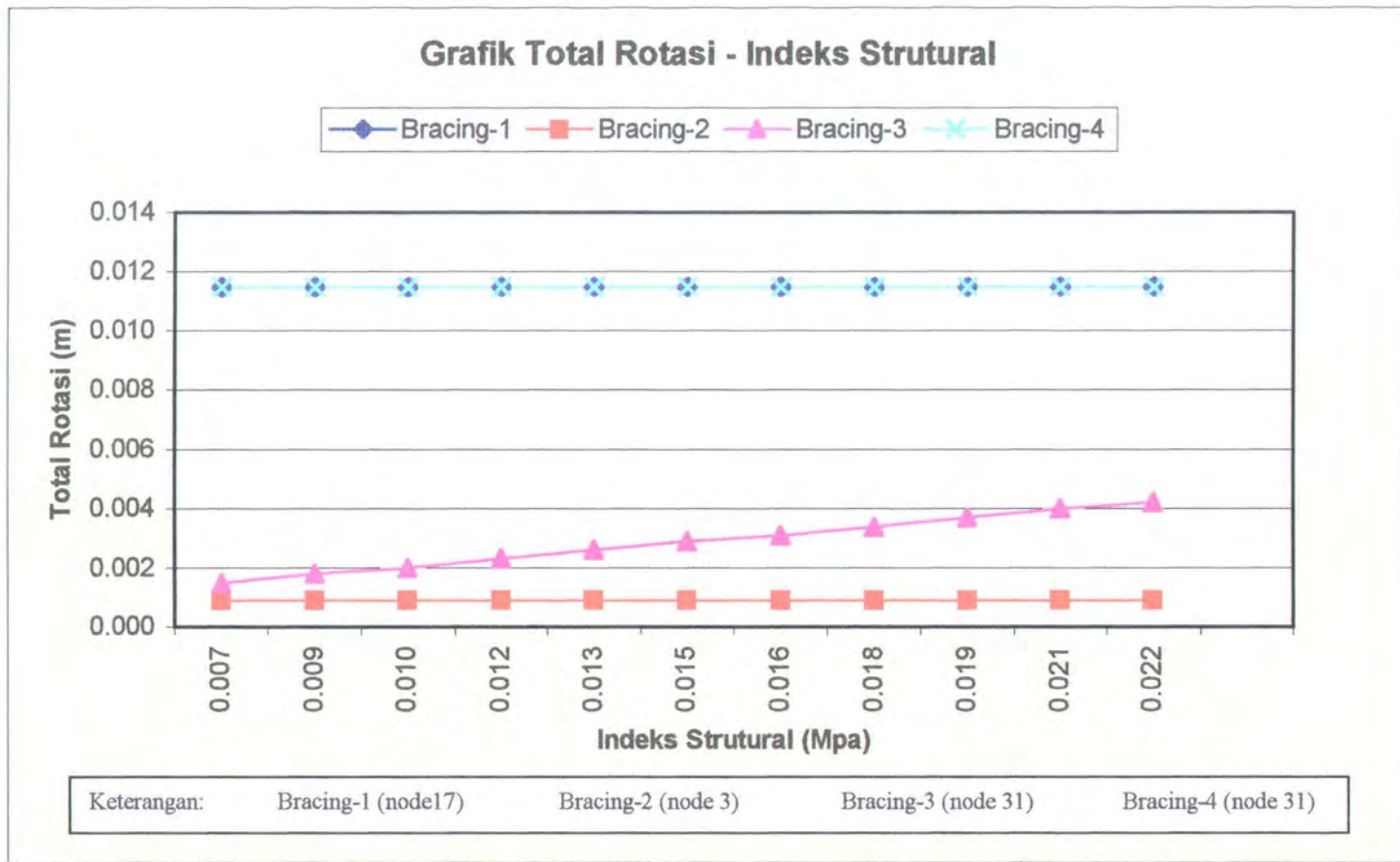
4.3 Grafik hubungan antara tegangan dan indeks struktural

Untuk mempermudah dalam membandingkan respon struktur yang satu dengan yang lain maka hubungan antara respon struktur dengan indeks struktural diplot dalam bentuk grafik. Indeks struktural didefinisikan sebagai payload dibagi dengan kuadrat kedalamannya. Grafik-grafik tersebut dapat dilihat pada halaman berikut ini.

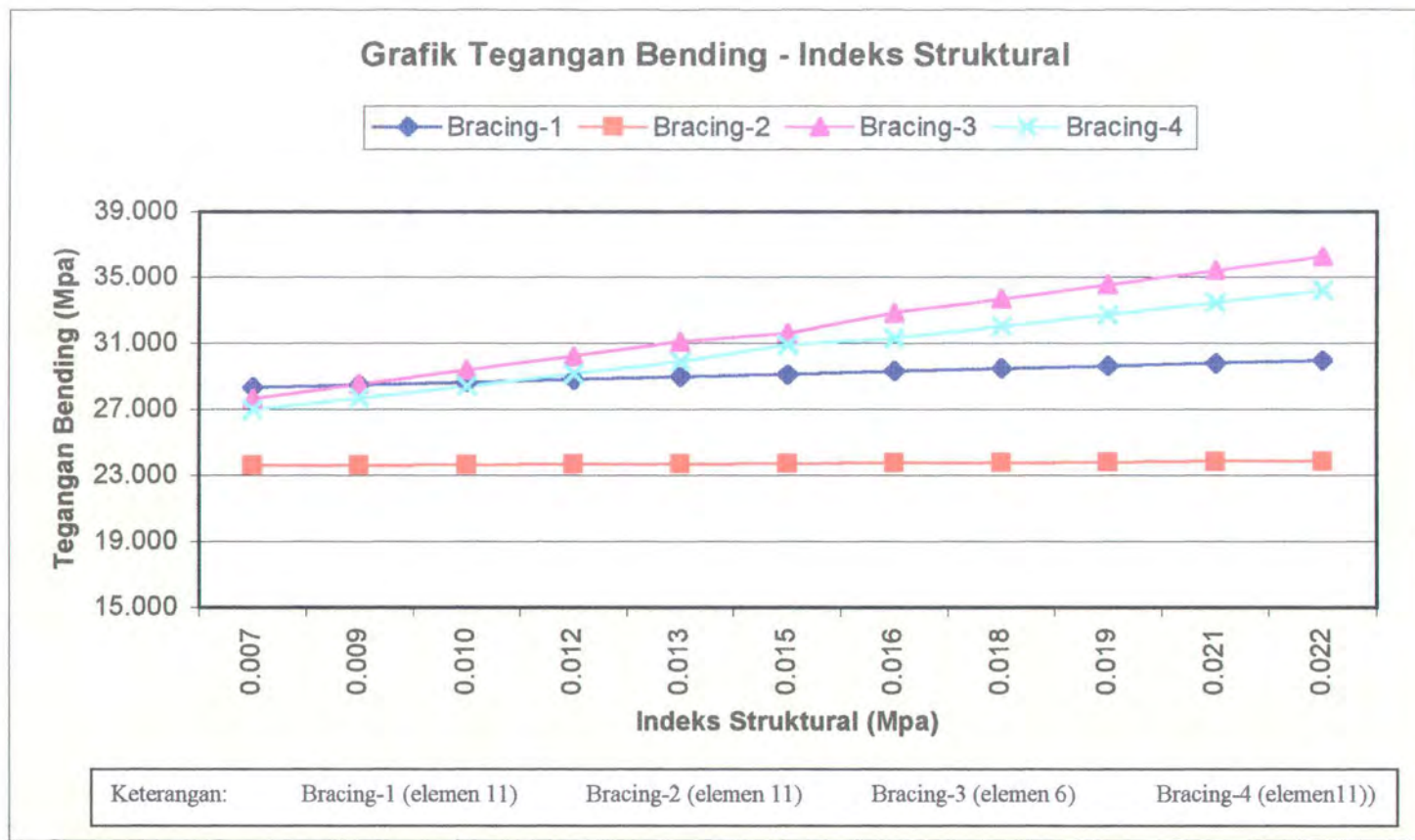




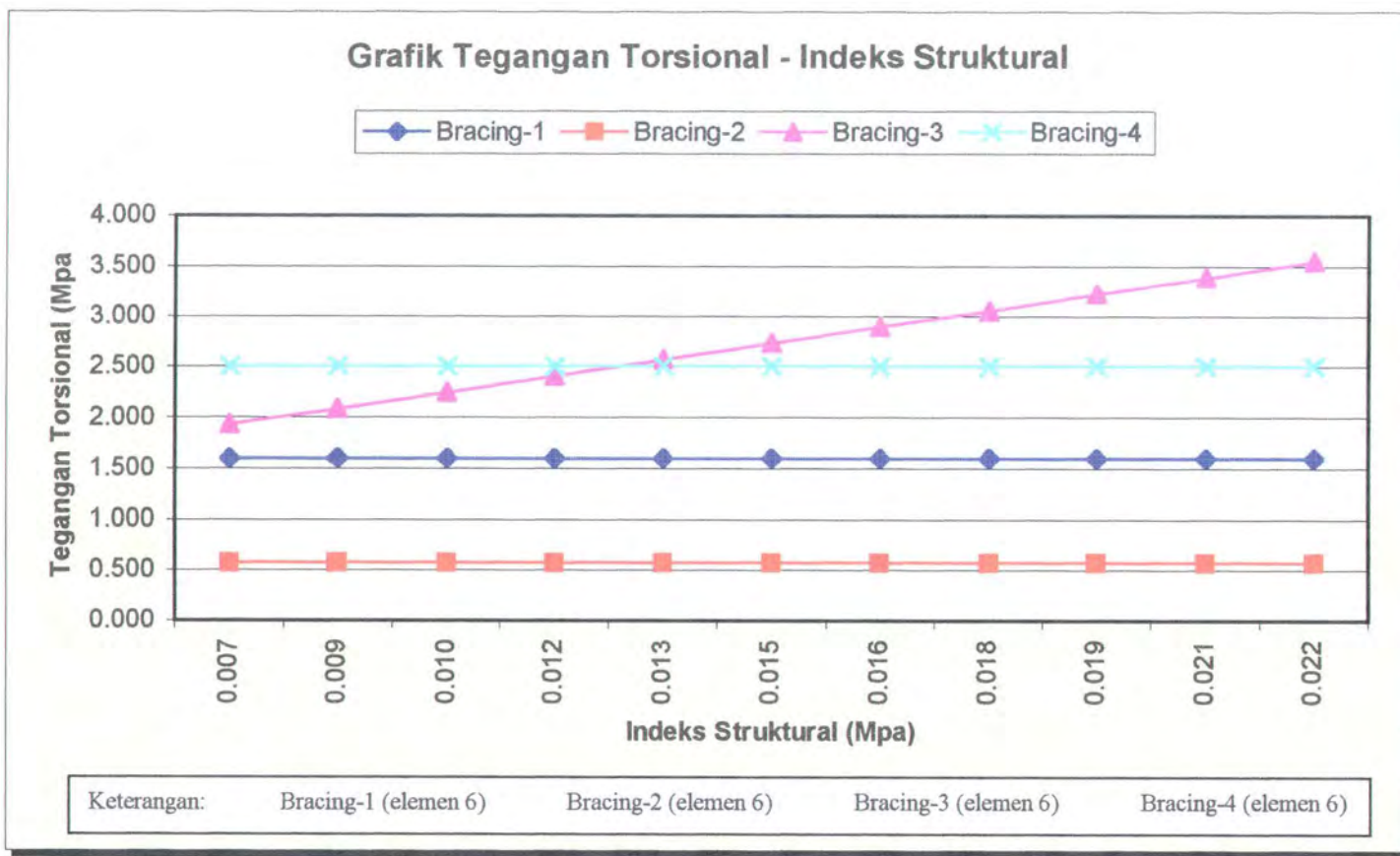
Grafik 4.3.1 Total translasi – indeks struktural



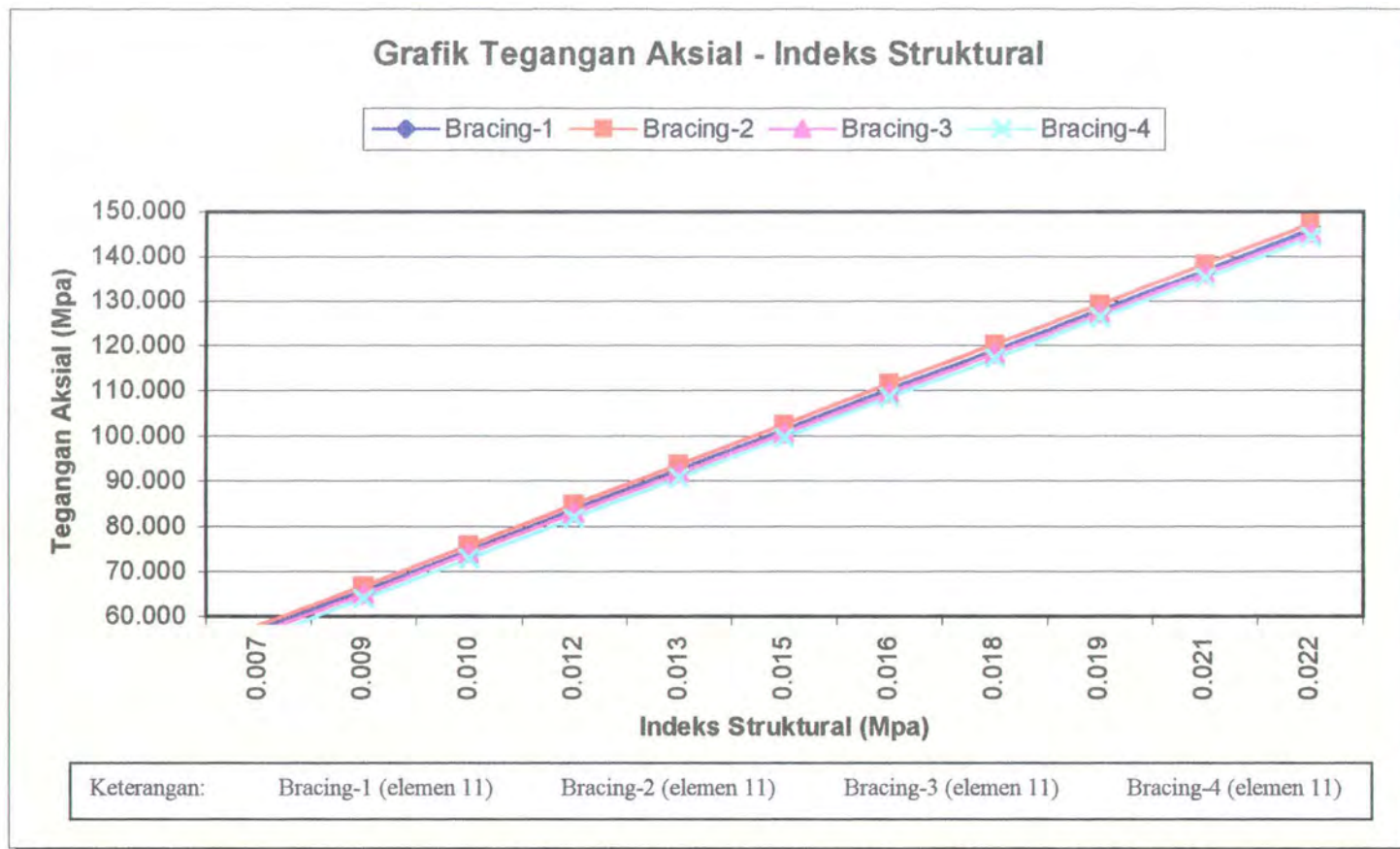
Grafik 4.3.2 Total rotasi – indeks struktural



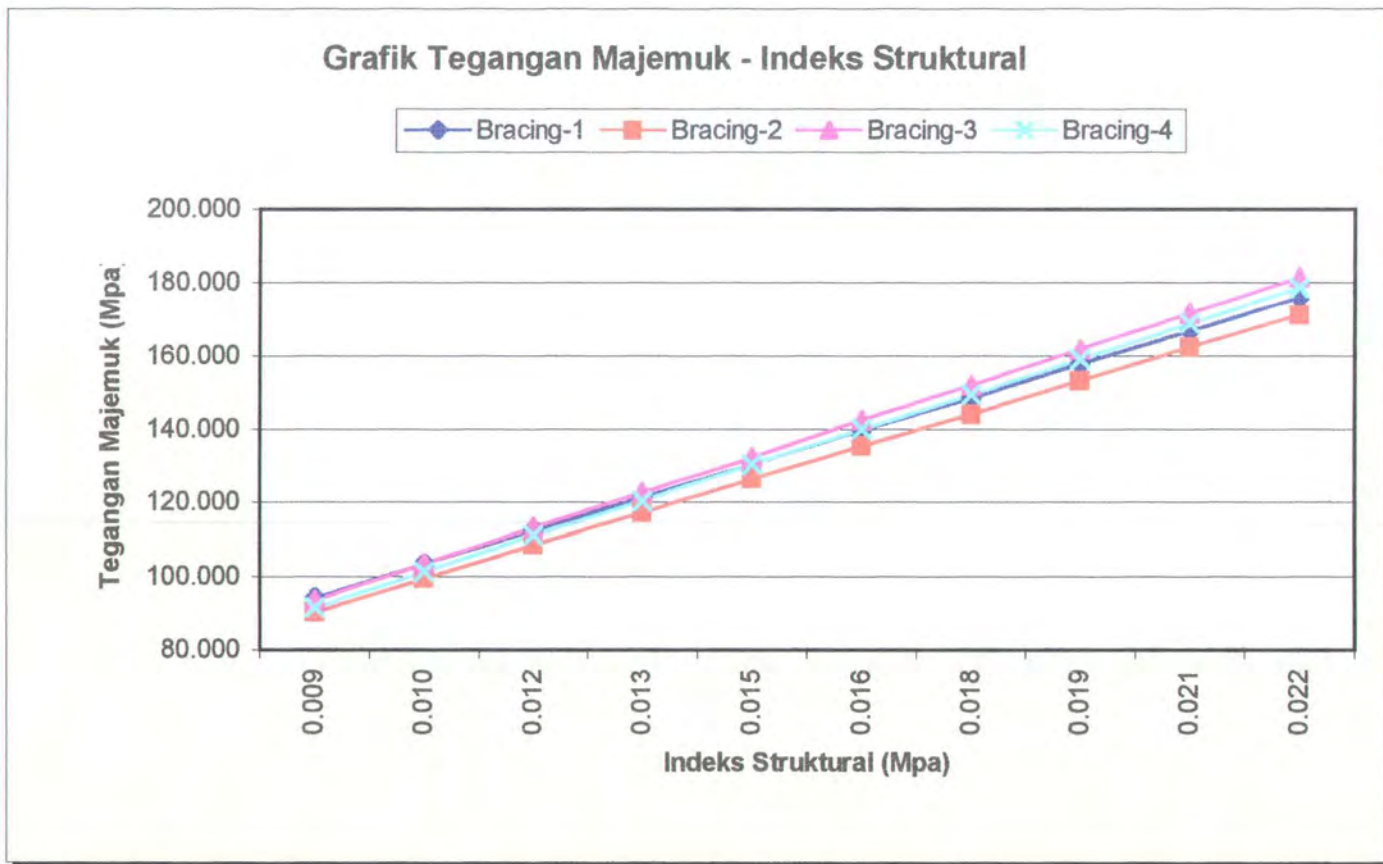
Grafik 4.3.3 Tegangan Bending – indeks struktural



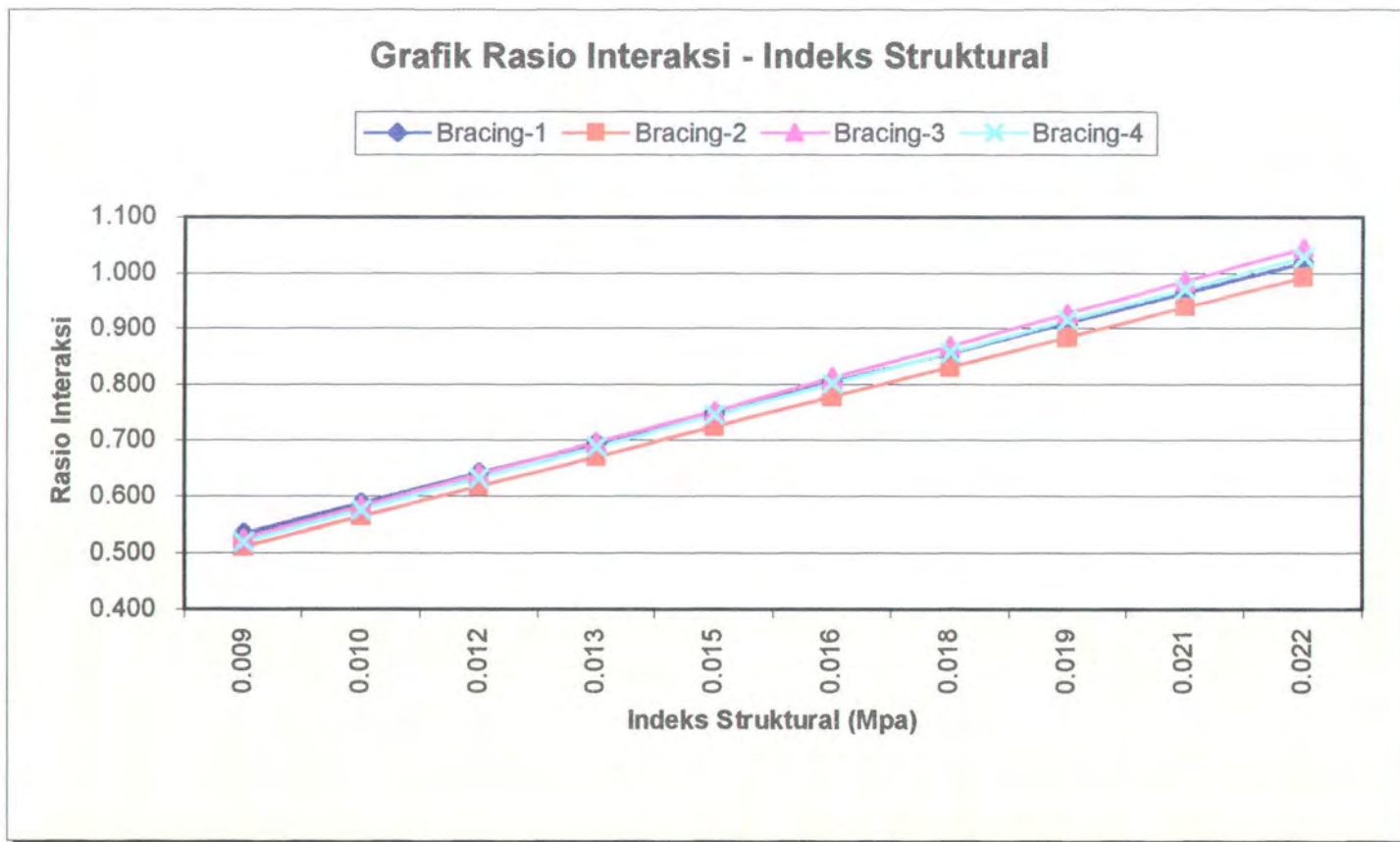
Grafik 4.3.4 Tegangan Torsional – indeks struktural



Grafik 4.3.5 Tegangan aksial – indeks struktural



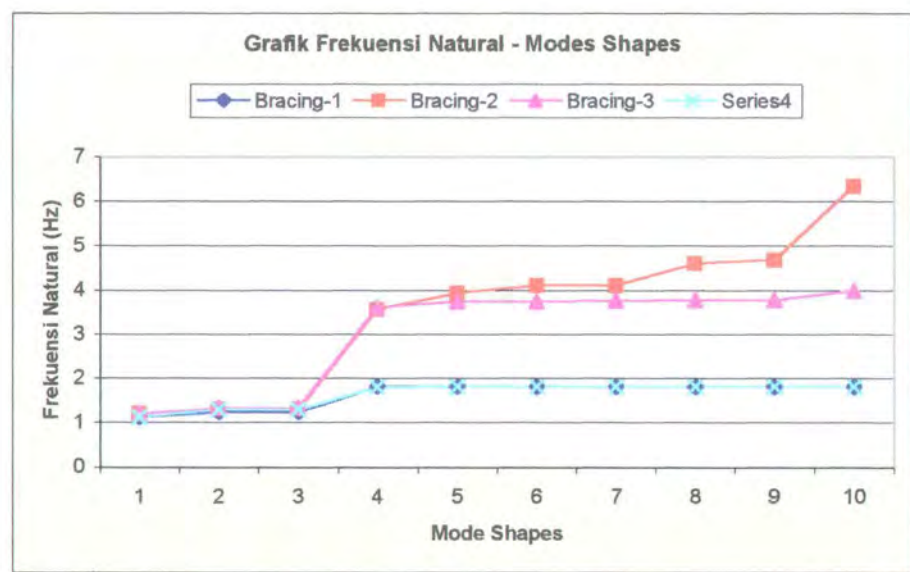
Grafik 4.3.6 Tegangan majemuk- indeks struktural



Grafik 4.3.7 Rasio interaksi – indeks struktural

Tabel 4.3.1 Frekuensi natural berbagai tipe peletakan *brace*

Frekuensi Natural										
Modes Shapes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bracing-X (Bracing-1)	1.1179	1.2301	1.2329	1.8149	1.8198	1.8204	1.8216	1.8216	1.8220	1.8221
Bracing-K (Bracing-2)	1.2020	1.3003	1.3006	3.5661	3.9309	4.0953	4.0985	4.6040	4.6836	6.3435
Bracing-N (Bracing-3)	1.2029	1.3276	1.3324	3.6096	3.7415	3.7415	3.7570	3.7693	3.7717	3.9796
Bracing-X-tbh (Bracing-4)	1.1127	1.2876	1.2928	1.8089	1.8126	1.8195	1.8201	1.8213	1.8217	1.8219



Grafik 4.3.8 Frekuensi natural – *mode shapes*

4.4 Analisa Hasil Perhitungan

4.4.1 Analisa Gerak Translasi Struktur

Dari grafik translasi – indeks struktural terlihat bahwa *bracing*-2 yaitu *bracing* K mengalami gerak translasi yang paling kecil. Sedangkan struktur dengan *bracing* 1 dan 4 (*bracing* X dan *bracing* X tanpa *bracing* horisontal) tidak terlalu jauh perbedaannya. Sehingga jika ditinjau dari besar kecilnya gerak translasi yang dialami maka tata letak *bracing* yang paling baik adalah tata letak *bracing* K. Keberadaan *bracing* horisontal tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap besar kecilnya translasi yang dialami.

4.4.2 Analisa Gerak Rotasi Struktur

Pengaruh tata letak *bracing* pada gerak rotasi struktur tidak jauh berbeda dengan gerak translasinya jika dilihat dari kecenderungannya. Rotasi terkecil dialami oleh struktur dengan tata letak *bracing* K dan yang terbesar dialami oleh struktur dengan tata letak *bracing* X dengan atau pun tanpa *bracing* horisontal. Kenaikan beban *payload* tidak berpengaruh pada besar rotasi yang dialami oleh kedua struktur tersebut.

4.4.3 Analisa Tegangan Akibat Bending

Dari grafik tegangan bending – indeks struktural terlihat ada dua model *bracing* yang menunjukkan besar tegangan yang konstan dengan kondisi pembebanan yang terus dinaikkan. Dari kedua model *bracing* tersebut yang mempunyai kekuatan yang paling baik adalah *bracing* K.

4.4.4 Analisa Tegangan Torsional

Dari keempat model *bracing* yang di analisa hanya model *bracing* N yang menunjukkan kecenderungan mengalami tegangan torsional yang semakin meningkat seiring dengan penambahan beban *payload*. *Bracing* K masih menunjukkan harga yang paling kecil dibandingkan dengan semua model *bracing* yang lain. Sehingga untuk kasus tegangan torsional ini *bracing* K adalah yang paling baik

4.4.5 Analisa Tegangan Aksial

Dari grafik tegangan aksial-indeks struktural terlihat tidak ada perbedaan yang terlalu mencolok antara keempat model *bracing* tersebut. Namun dari keempat model *bracing* tersebut, *bracing* X tanpa *bracing* horisontal (*bracing* 4) menunjukkan harga yang paling kecil. Sehingga untuk kasus tegangan axial ini *bracing* 4 adalah yang paling baik.

4.4.6 Analisa Tegangan Majemuk

Seperti halnya dalam analisa tegangan aksial, analisa tegangan majemuk ini juga menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu besar antara keempat model *bracing* yang dianalisa. Tetapi model *bracing* yang menunjukkan harga yang paling kecil untuk kasus ini adalah *bracing* K.

4.4.7 Analisa Rasio Interaksi

Grafik rasio interaksi – indeks struktural memperlihatkan struktur yang paling baik yang memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh API RP 2A yaitu struktur dengan model *bracing* K. API mensyaratkan bahwa rasio interaksi harus kurang dari 1. Pada pembebanan (*payload*) 15000 ton, hanya *bracing* K yang

rasio interaksinya kurang dari satu yaitu 0.992, sedangkan ketiga model *bracing* yang lain telah mempunyai harga rasio interaksi yang lebih dari 1 sehingga sudah tidak memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh API.

4.4.8 Analisa Frekuensi Natural

Dari grafik terlihat bahwa frekuensi natural dari *bracing* X baik dengan atau tanpa *bracing* horisontal menunjukkan harga yang paling kecil dan konstan. Sedangkan untuk *bracing* K frekuensi naturalnya adalah yang terbesar. Semakin banyak *mode shape*, frekuensi naturalnya juga semakin besar.

*Karena masa depan sungguh ada dan harapanmu tidak akan hilang
(Amsal 23 : 18)*

BAB V



PENUTUP

BAB V

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan berbagai perhitungan dan analisa tiap respon yang diberikan oleh masing- masing struktur, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Gerak translasi

Pengaruh perbedaan tata letak *bracing* pada gerak translasi yang dialami oleh struktur cukup besar. Tetapi penambahan *payload* pada suatu struktur yang sama cenderung kecil pengaruhnya. Sekalipun besar translasi bertambah, peratambahannya tidak terlalu signifikan.

2. Gerak rotasi

Seperti halnya pada gerak translasi , perbedaan tata letak *bracing* cukup berpengaruh pada besarnya rotasi yang terjadi. Penambahan *payload* tidak memberi perubahan yang besar pada gerak rotasi. Besar rotasi yang terjadi cenderung konstan, kecuali pada struktur dengan tata letak *bracing* yang paling sederhana. Pada struktur ini, penambahan *payload* akan menambah besar rotasi yang dialami.

3. Tegangan bending

Pada struktur yang lebih sederhana seperti struktur dengan tata letak *bracing* N atau X tanpa *bracing* horisontal, penambahan *payload* akan memperbesar tegangan bending yang dialami. Pada struktur yang lebih kompleks,

besar tegangan bending yang terjadi cenderung konstan. Struktur yang lebih sederhana mengalami tegangan bending yang lebih besar.

4. Tegangan torsional

Tata letak *bracing* berpengaruh pada besar tegangan torsional yang terjadi. Penambahan *payload* pada struktur sederhana semakin memperbesar tegangan torsi yang dialami. Pada struktur-struktur yang lain besar tegangan torsi tidak berubah dengan bertambahnya beban *payload*.

5. Tegangan aksial

Semua tegangan aksial yang dialami oleh struktur dengan berbagai tata letak *bracing* terjadi pada *chord* sehingga besar tegangan aksial yang dialami oleh semua struktur tidak terlalu jauh berbeda. Besar tegangan aksial akan bertambah dengan semakin besarnya *payload* yang diberikan.

6. Tegangan majemuk

Besar tegangan majemuk seperti halnya tegangan aksial juga dipengaruhi oleh besar *payload* yang diberikan. Struktur yang lebih sederhana cenderung mengalami tegangan majemuk yang lebih besar.

7. Rasio Interaksi

Semakin besar indeks struktural semakin besar rasio interaksinya. Beban *payload* maksimum yang dapat ditanggung oleh semua struktur sehingga struktur tersebut masih memenuhi persyaratan kelayakan struktur adalah 14000 ton. Pada *payload* 15000 ton, hanya salah satu struktur yang masih memenuhi persyaratan.

8. Frekuensi natural

Pada struktur dengan *mode shape* yang sama akan mengalami frekuensi natural yang berbeda besarnya. Struktur dengan model *bracing* X baik dengan atau tanpa *bracing* horisontal mempunyai frekuensi natural yang paling kecil.

Dari kesimpulan-kesimpulan di atas struktur yang paling baik apabila ditinjau dari segi kekuatannya adalah struktur *jacket* kaki tiga dengan tata letak *bracing* K. Rasio interaksi pada struktur dengan *bracing* K adalah 0.992 pada *payload* 15000 ton dimana pada harga *payload* yang sama, ketiga tipe struktur yang lain memiliki rasio interaksi lebih dari 1, sehingga tidak memenuhi kriteria kekuatan yang ditetapkan oleh API RP -2A.

5.2 Saran

Berdasarkan pada studi yang dilakukan dan untuk studi yang lebih sempurna disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sebaiknya asumsi-asumsi yang diambil dikurangi sehingga hasilnya lebih mendekati kenyataan yang sesungguhnya.
2. Perlu dilakukan analisa yang lebih beragam misalnya variasi beban lateral seperti gelombang, arus, angin dan sebagainya.
3. Analisa dinamis dilakukan lebih lengkap lagi agar didapatkan respon struktur yang lebih baik lagi.
4. Perlu dilakukan pemahaman yang lebih baik terhadap perangkat lunak yang digunakan sehingga dapat menyelesaikan studi yang lebih kompleks.

*Aku tak mampu memilih yang terbaik, yang terbaiklah yang memilih
aku*

(Rabindranath Tagore)



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute. 1991 "Structural Steel Design". **API Recommended Practice 2A (RP2A)**. Section 3.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 1991. **Buku Pedoman Rancang Bangun Bangunan Lepas Pantai di Perairan Indonesia**. Indonesia.
- Chacrabarti, S.K. 1987. **Hidroynamics of Offshore Structure**. Henny Ling Ltd, Donchester, UK
- Craig, Jr, Roy.R. 1981. **Structural Dynamics, An Introduction to Computer Methods**. John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- Dawson, Thomas. H. 1983. **Offshore Structural Engineering**. Prentice-Hall, Inc. Engelwood Cliffs. New Jersey, USA.
- Drawe, W.J. 1986. "Conseptual Development." **Planning And Design of Fixed Offshore Platform**. Van Nostrand Reinhold, Co. New York.
- Graff, W.J. 1981. **Introduction of Offshore Structure**. Gulf Publishing Company. Houston.
- Hsu, T.H. 1984 **Applied Offshore Structural Engineering**. Gulf publishers.
- Houston. Rockach, A.J. 1991. **Structural Steel Design**. Mc Graw-Hill, Inc. Singapore.
- Weidler, J.B., dan D.I. Karsan. 1986. "Analytical model, Three Dimensional Analysis". **Planning And Design of Fixed Offshore Platform**. Van Nostrand Reinhold, Co. New York.

*Kita makin dekat kepada Yang Maha Tinggi ketika kita makin
rendah hati*

(Rabindranath Tagore)



LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PROGRAM PERHITUNGAN PANJANG DAN BEBAN GELOMBANG

LISTING PROGRAM PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG UNTUK STRUKTUR DENGAN BRACING X

```

c$noext
c$nowarn
real hor,b1,b2,cd,cm,dc,dh,dd,Tc,Tb,L,k,lt,sinhkd
integer elm
common T,phi,rho,d,H
phi=22./7.
rho=1025
teta=0
elm=0

open (8,File='Input.txt')
read (8,*)L,T,D,H,hor,b1,b2,cd,cm,dc,dh,dd,Tc,Tbh,Tbd,lt
Open (9,File='Output-2.txt')
write(9,*)'Untuk menghitung beban gelombang diperlukan data-data s
-ebagai berikut:'
write(9,80)L,T,D,H,hor,b1,b2,cd,cm,dc,dh,dd,Tc,Tbh,Tbd,lt

80 format(
    -' Panjang gelombang           = L           =',f9.4,' meter',/,
    -' Periode gelombang           = T           =',f9.4,' detik',/,
    -' Kedalaman air                = d           =',f9.4,' meter',/,
    -' Tinggi gelombang            = H           =',f9.4,' meter',/,
    -' Jarak antara bracing horisontal = h         =',f9.4,' meter',/,
    -' Lebar puncak                 = b1          =',f9.4,' meter',/,
    -' Lebar alas                   = b2          =',f9.4,' meter',/,
    -' Koef. Drag (antara 0.6 s.d. 1.0) = CD        =',f9.4,/,
    -' Koef. Inersia (antara 1.5 s.d. 2.0) = CM       =',f9.4,/,
    -' Diameter nominal chord       = D          =',f9.4,' meter',/,
    -' Diameter nominal brace horisontal = dh        =',f9.4,' meter',/,
    -' Diameter nominal brace diagonal = dd        =',f9.4,' meter',/,
    -' Tebal dinding chord          = Tc         =',f9.4,' meter',/,
    -' Tebal dinding brace horisontal = Tbh       =',f9.4,' meter',/,
    -' Tebal dinding brace diagonal = Tbd       =',f9.4,' meter',/,
    -' Interval waktu               = lt         =',f9.4,' detik')

```

c***** PENENTUAN KOORDINAT GLOBAL JOINT *****

```

x0=x1=x2=x3=x4=x5=x6=x7=x8=x9=x10=x11=x12=x13=x14=x15=0
y0=y16=0
y3=y18=hor
y6=y20=2*hor
y9=y22=3*hor
y12=y24=4*hor
y15=y26=5*hor
x16=x17=x18=x19=x20=x21=x22=x23=x24=x25=x26=10.9434
y17=0.5*hor
y19=1.5*hor
y21=2.5*hor
y23=3.5*hor
y25=4.5*hor
y1=4.25
y2=hor-4.25
y4=hor+4.25
y5=2*hor-4.25
y7=2*hor+4.25
y8=3*hor-4.25

```

```
y10=3*hor+4.25  
y11=4*hor-4.25  
y13=4*hor+4.25  
y14=5*hor-4.25
```

```
goto 85
```

```
85  write(9,*)  
    if(elm.eq.25)then  
      stop  
    end if  
    write(9,86)elm+1  
86  format('ELEMEN ',i2)  
    write (9,87)  
87  Format (' x(m) | y(m) | Chi | fx(N/m) | fy(N/m) | fn(N/m)')  
88  elm=elm+1  
90  if(elm.eq.1)then  
    xu=x1  
    xl=x0  
    yu=y1  
    yl=y0  
    sudphi=atan((x0-x1)/hor)  
    end if  
  
    if(elm.eq.2)then  
    xu=x2  
    xl=x1  
    yu=y2  
    yl=y1  
    sudphi=atan((x1-x2)/hor)  
    end if  
  
    if(elm.eq.3)then  
    xu=x3  
    xl=x2  
    yu=y3  
    yl=y2  
    sudphi=atan((x2-x3)/hor)  
    end if  
  
    if(elm.eq.4)then  
    xu=x4  
    xl=x3  
    yu=y4  
    yl=y3  
    sudphi=atan((x3-x4)/hor)  
    end if  
  
    if(elm.eq.5)then  
    xu=x5  
    xl=x4  
    yu=y5  
    yl=y4  
    sudphi=atan((x4-x5)/hor)  
    end if  
  
    if(elm.eq.6)then  
    xu=x6
```

```
xl=x5
yu=y6
yl=y5
sudphi=atan((x5-x6)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.7)then
xu=x7
xl=x6
yu=y7
yl=y6
sudphi=atan((x6-x7)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.8)then
xu=x8
xl=x7
yu=y8
yl=y7
sudphi=atan((x7-x8)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.9)then
xu=x9
xl=x8
yu=y9
yl=y8
sudphi=atan((x8-x9)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.10)then
xu=x10
xl=x9
yu=y10
yl=y9
sudphi=atan((x9-x10)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.11)then
xu=x11
xl=x10
yu=y11
yl=y10
sudphi=atan((x10-x11)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.12)then
xu=x12
xl=x11
yu=y12
yl=y11
sudphi=atan((x11-x12)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.13)then
xu=x13
xl=x12
yu=y13
```



```
yl=y12  
sudphi=atan((x12-x13)/hor)  
end if
```

```
if(elm.eq.14)then  
xu=x14  
xl=x13  
yu=y14  
yl=y13  
sudphi=atan((x13-x14)/hor)  
end if
```

```
if(elm.eq.15)then  
xu=x15  
xl=x14  
yu=y15  
yl=y14  
sudphi=atan((x14-x15)/hor)  
end if
```

```
if(elm.eq.16)then  
xu=x17  
xl=x16  
yu=y17  
yl=y16  
sudphi=atan((x16-x17)/hor)  
end if
```

```
if(elm.eq.17)then  
xu=x18  
xl=x17  
yu=y18  
yl=y17  
sudphi=atan((x17-x18)/hor)  
end if
```

```
if(elm.eq.18)then  
xu=x19  
xl=x18  
yu=y19  
yl=y18  
sudphi=atan((x18-x19)/hor)  
end if
```

```
if(elm.eq.19)then  
xu=x20  
xl=x19  
yu=y20  
yl=y19  
sudphi=atan((x19-x20)/hor)  
end if
```

```
if(elm.eq.20)then  
xu=x21  
xl=x20  
yu=y21  
yl=y20  
sudphi=atan((x20-x21)/hor)
```

end if

```
if(elm.eq.21)then
xu=x22
xl=x21
yu=y22
yl=y21
sudphi=atan((x21-x22)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.22)then
xu=x23
xl=x22
yu=y23
yl=y22
sudphi=atan((x22-x23)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.23)then
xu=x24
xl=x23
yu=y24
yl=y23
sudphi=atan((x23-x24)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.24)then
xu=x25
xl=x24
yu=y25
yl=y24
sudphi=atan((x24-x25)/hor)
end if
```

```
if(elm.eq.25)then
xu=x26
xl=x25
yu=y26
yl=y25
sudphi=atan((x25-x26)/hor)
end if
```

120 loop=0

121 loop=loop+1

```
iff(elm.eq.1.or.elm.eq.2.or.elm.eq.3.or.elm.eq.4.or.elm.eq.5.or.e
-lm.eq.6.or.elm.eq.7.or.elm.eq.8.or.elm.eq.9.or.elm.eq.10.or.el
-m.eq.11.or.elm.eq.12.or.elm.eq.13.or.elm.eq.14.or.elm.eq.15.or.e
-lm.eq.16.or.elm.eq.17.or.elm.eq.18.or.elm.eq.19.or.elm.eq.20.or
-elm.eq.21.or.elm.eq.22.or.elm.eq.23.or.elm.eq.24.or.elm.eq.25)then
goto 125
endif
```

125 ya1=yl+(hor/4)
ya2=yl+(2*hor/4)
ya3=yl+(3*hor/4)
xa1=xl
xa2=xl

```

xa3=x1
goto 136

136 if(loop.eq.1)then
  x=x1
  y=y1
end if

if(loop.eq.2)then
  x=xa1
  y=ya1
end if

if(loop.eq.3)then
  x=xa2
  y=ya2
end if

if(loop.eq.4)then
  x=xa3
  y=ya3
end if

if(loop.eq.5)then
  x=xu
  y=yu
end if

goto 130

c***** PERHITUNGAN KECEPATAN PARTIKEL GELOMBANG
*****
130 w=(2*pi)/T
  k=(2*pi)/L
  sinhkd=sinh(k*d)
  u=((w*H)/2)*(cosh(k*y))*(cos((k*x)-(w*t)))/sinhkd
  v=((w*H)/2)*(sinh(k*y))*(sin((k*x)-(w*t)))/sinhkd

c***** PERHITUNGAN PERCEPATAN PARTIKEL GELOMBANG
*****
  ax=((w**2)*H/2)*(cosh(k*y))*(sin((k*x)-(w*t)))/sinhkd
  ay=-((w**2)*H/2)*(sinh(k*y))*(cos((k*x)-(w*t)))/sinhkd

c***** KOMPONEN-KOMPONEN NORMAL GELOMBANG *****
  cx=sin(sudphi)
  cy=cos(sudphi)
  vv=sqrt((u**2)+(v**2)-((cx*u+cy*v)**2))
  un=u-(cx*((cx*u)+(cy*v)))
  vn=v-(cy*((cx*u)+(cy*v)))
  anx=ax-(cx*((cx*ax)+(cy*ay)))
  any=ay-(cy*((cx*ax)+(cy*ay)))

  if(elm.eq.1.or.elm.eq.2.or.elm.eq.3.or.elm.eq.4.or.elm.eq.5.
-or.elm.eq.6.or.elm.eq.7.or.elm.eq.8.or.elm.eq.9.or.elm.eq.10.
-or.elm.eq.11.or.elm.eq.12.or.elm.eq.13.or.elm.eq.14.or.elm.e
-q.15.or.elm.eq.16.or.elm.eq.17.or.elm.eq.18.or.elm.eq.19.or.
-elm.eq.20.or.elm.eq.21.or.elm.eq.22.or.elm.eq.23.or.elm.eq.24
-.or.elm.eq.25)then

```



```
goto 133
endif
```

```
c***** BEBAN GELOMBANG MORISON *****
```

```
133  fx=(0.5*rho*cd*dd*vv*un)+(rho*cm*phi*dd**2*anx/4)
      fy=(0.5*rho*cd*dd*vv*vn)+(rho*cm*phi*dd**2*any/4)
      fn=sqrt((fx**2)+(fy**2))
      goto 134
```

```
134  if(y.gt.(d+H/2))then
```

```
      fx=0
```

```
      fy=0
```

```
      fn=0
```

```
      end if
```

```
      chi=(180*sudphi)/phi
```

```
      write (9,135)x,y,chi,fx,fy,fn
```

```
135  Format(f6.3,'|',f6.1,'|',f6.2,'|',f10.3,'|',f10.3,'|',f10.3)
```

```
      if(loop.eq.5)then
```

```
          goto 85
```

```
      else
```

```
          goto 121
```

```
      end if
```

```
c***** AKHIR DARI PROGRAM *****
```

LISTING PROGRAM PERHITUNGAN PANJANG GELOMBANG

c234567

c\$noext

c\$noext

```

real k,L,Lo
character*7 jenis
common T,phi,rho,d,H
open (8,File='in.txt')
read (8,*)d,H,T
Open (9,File='out.txt')
Write (9,2)d,H,T
2  Format ('d (kedalaman air)  = ,f6.3,' m',/, 'H (tinggi gelomban
-g) = ,f6.3,' m',/, 'T (periode gelombang) = ,f6.3,' detik')
phi=3.141592654
rho=1025.
call iterasiL(L,k,Lo)
Stop
end

```

c ***** SUBROUTINE ITERASI L (PANJANG GELOMBANG) *****

```

subroutine iterasiL(L,k,Lo)
real k,L,Lo
common T,phi,rho,d,H
Write (9,*)'+-----+-----+-----+-----+-----+
-----+'
Write (9,3)
3  Format ( ' Iterasi ke- ', ' K ', ' Lo ', ' L
- ', ' ErrorL ')
Write (9,*)'|-----|-----|-----|-----|
-----+'
Lo=(9.81*T**2)/(2.*phi)
Iterasi=0
20 Iterasi=Iterasi+1
k=2.*phi/Lo
L=(9.81*T**2)*(tanh(k*d))/(2.*phi)
ErrorL=abs(L-Lo)
if (ErrorL.LE.0.004) then
Write (9,4)Iterasi,k,Lo,L,ErrorL
4  Format(' ',i5,' ',f8.3,' ',f10.5,' ',f10.5,' ',f6
-.4,' ')
endif

Write (*,4)Iterasi,k,Lo,L,errorL
if (errorL.LE.0.001) then
goto 10
elseif (errorL.GE.0.1) then
Lo=L-0.01
Iterasi=Iterasi+99
goto 20
else

if (errorL.LT.0.1.and.errorL.GE.0.01) then
Lo=L-0.001
Iterasi=Iterasi+9
goto 20

```

```

Endif
Lo=L-0.0001
goto 20
Endif
10 Write (9,*)'+-----+-----+-----+-----+-----+
-----+'
write(*,'(A,f12.5,A)')'Panjang gelombang=',Lo,' meter.'
write(9,'(A,f12.5,A)')'Panjang gelombang=',Lo,' meter.'
return
End

```


LAMPIRAN B

OUTPUT PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG

OUTPUT PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG UNTUK STRUKTUR DENGAN BRACING X

Untuk menghitung beban gelombang diperlukan data-data sebagai berikut:

- Panjang gelombang	= L	= 187.2778 meter
- Periode gelombang	= T	= 11.0000 detik
- Kedalaman air	= d	= 81.0000 meter
- Tinggi gelombang	= H	= 8.0000 meter
- Jarak antara bracing horisontal	= h	= 17.0000 meter
- Lebar puncak	= b1	= 26.0000 meter
- Lebar alas	= b2	= 26.0000 meter
- Koef. Drag (antara 0.6 s.d. 1.0)	= CD	= 0.6500
- Koef. Inersia (antara 1.5 s.d. 2.0)	= CM	= 2.0000
- Diameter nominal chord	= D	= 2.7321 meter
- Diameter nominal brace horisontal	= dh	= 0.6686 meter
- Diameter nominal brace diagonal	= dd	= 0.3631 meter
- Tebal dinding chord	= Tc	= 0.0683 meter
- Tebal dinding brace horisontal	= Tbh	= 0.0152 meter
- Tebal dinding brace diagonal	= Tbd	= 0.0091 meter
- Interval waktu	= lt	= 1.0000 detik

ELEMEN 1

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	0.0	0.00	-1066.288	0.000	1066.288
0.000	4.3	0.00	-1076.546	0.000	1076.546
0.000	8.5	0.00	-1107.456	0.000	1107.456
0.000	12.8	0.00	-1159.419	0.000	1159.419
0.000	8.5	0.00	-1107.456	0.000	1107.456

ELEMEN 2

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	8.5	0.00	-1107.456	0.000	1107.456
0.000	12.8	0.00	-1159.419	0.000	1159.419
0.000	17.0	0.00	-1233.089	0.000	1233.089
0.000	21.3	0.00	-1329.358	0.000	1329.358
0.000	17.0	0.00	-1233.089	0.000	1233.089

ELEMEN 3

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	17.0	0.00	-1233.089	0.000	1233.089
0.000	21.3	0.00	-1329.358	0.000	1329.358
0.000	25.5	0.00	-1449.321	0.000	1449.321
0.000	29.8	0.00	-1594.228	0.000	1594.228
0.000	25.5	0.00	-1449.321	0.000	1449.321

ELEMEN 4

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	25.5	0.00	-1449.321	0.000	1449.321
0.000	29.8	0.00	-1594.228	0.000	1594.228
0.000	34.0	0.00	-1765.409	0.000	1765.409
0.000	38.3	0.00	-1964.174	0.000	1964.174
0.000	34.0	0.00	-1765.409	0.000	1765.409

ELEMEN 5

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	34.0	0.00	-1765.409	0.000	1765.409
0.000	38.3	0.00	-1964.174	0.000	1964.174
0.000	42.5	0.00	-2191.657	0.000	2191.657
0.000	46.8	0.00	-2448.600	0.000	2448.600
0.000	42.5	0.00	-2191.657	0.000	2191.657

ELEMEN 6

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	42.5	0.00	-2191.657	0.000	2191.657
0.000	46.8	0.00	-2448.600	0.000	2448.600
0.000	51.0	0.00	-2735.048	0.000	2735.048
0.000	55.3	0.00	-3049.928	0.000	3049.928
0.000	51.0	0.00	-2735.048	0.000	2735.048

ELEMEN 7

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	51.0	0.00	-2735.048	0.000	2735.048
0.000	55.3	0.00	-3049.928	0.000	3049.928
0.000	59.5	0.00	-3390.461	0.000	3390.461
0.000	63.8	0.00	-3751.344	0.000	3751.344
0.000	59.5	0.00	-3390.461	0.000	3390.461

ELEMEN 8

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	59.5	0.00	-3390.461	0.000	3390.461
0.000	63.8	0.00	-3751.344	0.000	3751.344
0.000	68.0	0.00	-4123.651	0.000	4123.651
0.000	72.3	0.00	-4493.305	0.000	4493.305
0.000	68.0	0.00	-4123.651	0.000	4123.651

ELEMEN 9

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	68.0	0.00	-4123.651	0.000	4123.651
0.000	72.3	0.00	-4493.305	0.000	4493.305
0.000	76.5	0.00	-4839.022	0.000	4839.022
0.000	80.8	0.00	-5129.520	0.000	5129.520
0.000	76.5	0.00	-4839.022	0.000	4839.022

ELEMEN 10

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
0.000	76.5	0.00	-4839.022	0.000	4839.022
0.000	80.8	0.00	-5129.520	0.000	5129.520
0.000	85.0	0.00	-5319.722	0.000	5319.722
0.000	89.3	0.00	0.000	0.000	0.000
0.000	85.0	0.00	-5319.722	0.000	5319.722

ELEMEN 11

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
11.260	0.0	0.00	-319.730	0.000	319.730
11.260	4.3	0.00	-322.160	0.000	322.160

11.260	8.5	0.00	-329.401	0.000	329.401
11.260	12.8	0.00	-341.285	0.000	341.285
11.260	17.0	0.00	-357.508	0.000	357.508

ELEMEN 12

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
11.260	17.0	0.00	-357.508	0.000	357.508
11.260	21.3	0.00	-377.568	0.000	377.568
11.260	25.5	0.00	-400.694	0.000	400.694
11.260	29.8	0.00	-425.729	0.000	425.729
11.260	34.0	0.00	-450.977	0.000	450.977

ELEMEN 13

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
11.260	34.0	0.00	-450.977	0.000	450.977
11.260	38.3	0.00	-473.985	0.000	473.985
11.260	42.5	0.00	-491.250	0.000	491.250
11.260	46.8	0.00	-497.822	0.000	497.822
11.260	51.0	0.00	-486.770	0.000	486.770

ELEMEN 14

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
11.260	51.0	0.00	-486.770	0.000	486.770
11.260	55.3	0.00	-448.461	0.000	448.461
11.260	59.5	0.00	-369.594	0.000	369.594
11.260	63.8	0.00	-231.897	0.000	231.897
11.260	68.0	0.00	-10.401	0.000	10.401

ELEMEN 15

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
11.260	68.0	0.00	-10.401	0.000	10.401
11.260	72.3	0.00	328.899	0.000	328.899
11.260	76.5	0.00	832.143	0.000	832.143
11.260	80.8	0.00	1561.767	0.000	1561.767
11.260	85.0	0.00	2602.045	0.000	2602.045

ELEMEN 16

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
22.520	0.0	0.00	462.248	0.000	462.248
22.520	4.3	0.00	467.790	0.000	467.790
22.520	8.5	0.00	484.629	0.000	484.629
22.520	12.8	0.00	513.422	0.000	513.422
22.520	17.0	0.00	555.307	0.000	555.307

ELEMEN 17

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
22.520	17.0	0.00	555.307	0.000	555.307
22.520	21.3	0.00	611.972	0.000	611.972
22.520	25.5	0.00	685.757	0.000	685.757
22.520	29.8	0.00	779.797	0.000	779.797
22.520	34.0	0.00	898.226	0.000	898.226

ELEMEN 18

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
22.520	34.0	0.00	898.226	0.000	898.226
22.520	38.3	0.00	1046.435	0.000	1046.435
22.520	42.5	0.00	1231.429	0.000	1231.429
22.520	46.8	0.00	1462.301	0.000	1462.301
22.520	51.0	0.00	1750.844	0.000	1750.844

ELEMEN 19

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
22.520	51.0	0.00	1750.844	0.000	1750.844
22.520	55.3	0.00	2112.382	0.000	2112.382
22.520	59.5	0.00	2566.847	0.000	2566.847
22.520	63.8	0.00	3140.221	0.000	3140.221
22.520	68.0	0.00	3866.437	0.000	3866.437

ELEMEN 20

x(m)	y(m)	Chi	fx(N/m)	fy(N/m)	fn(N/m)
22.520	68.0	0.00	3866.437	0.000	3866.437
22.520	72.3	0.00	4789.883	0.000	4789.883
22.520	76.5	0.00	5968.746	0.000	5968.746
22.520	80.8	0.00	7479.412	0.000	7479.412
22.520	85.0	0.00	9422.318	0.000	9422.318

LAMPIRAN C

***INPUT BEBAN GELOMBANG
PADA TIAP ELEMEN STRUKTUR***

Beban Gelombang Pada Struktur Dengan Bracing X

Load Set 1 - payload-1

Distributed Loads

Element	Color	Layer	Direction	End A	End B	Phase
1	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
2	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
3	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
4	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
5	10	1	Global Y	2407.56	2689.75	0.
6	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
7	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
8	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
9	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
10	10	1	Global Y	2407.56	2689.75	0.
16	10	1	Global Y	672.986	672.986	0.
17	10	1	Global Y	672.986	672.986	0.
18	10	1	Global Y	776.316	776.316	0.
19	10	1	Global Y	776.316	776.316	0.
20	10	1	Global Y	1101.77	1101.77	0.
21	10	1	Global Y	1101.77	1101.77	0.
22	10	1	Global Y	1673.19	1673.19	0.
23	10	1	Global Y	1673.19	1673.19	0.
24	10	1	Global Y	2407.56	2407.56	0.
25	10	1	Global Y	2407.56	2407.56	0.
26	10	1	Global Y	2689.75	2689.75	0.
27	10	1	Global Y	2689.75	2689.75	0.
28	10	1	Global Y	191.615	191.615	0.
29	10	1	Global Y	211.106	211.106	0.
30	10	1	Global Y	250.092	250.092	0.
31	10	1	Global Y	205.903	250.092	0.
32	10	1	Global Y	309.428	309.428	0.
33	10	1	Global Y	2640.	2640.	0.
34	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
35	10	1	Global Y	191.615	308.752	0.
36	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
37	10	1	Global Y	211.106	372.996	0.
38	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
39	10	1	Global Y	250.092	613.281	0.
40	10	1	Global Y	1673.19	209.903	0.
41	10	1	Global Y	205.903	1226.11	0.
42	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
43	10	1	Global Y	309.428	2790.94	0.
44	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
45	10	1	Global Y	2640.	7006.92	0.
46	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
47	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
48	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
49	10	1	Global Y	1673.19	209.903	0.
50	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
51	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
52	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
53	10	1	Global Y	191.615	308.752	0.
54	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
55	10	1	Global Y	211.106	372.996	0.
56	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
57	10	1	Global Y	250.092	613.281	0.
58	10	1	Global Y	1673.19	209.903	0.
59	10	1	Global Y	205.903	1226.11	0.

60	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
61	10	1	Global Y	309.428	2790.94	0.
62	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
63	10	1	Global Y	2640.	7006.92	0.
64	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
65	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
66	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
67	10	1	Global Y	1673.19	209.903	0.
68	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
69	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
70	10	1	Global Y	672.986	98.545	0.
71	10	1	Global Y	698.545	776.316	0.
72	10	1	Global Y	776.316	909.346	0.
73	10	1	Global Y	909.346	1101.77	0.
74	10	1	Global Y	1101.77	1356.86	0.
75	10	1	Global Y	1356.86	1673.19	0.
76	10	1	Global Y	1673.19	2036.94	0.
77	10	1	Global Y	2036.94	2407.56	0.
78	10	1	Global Y	2407.56	2690.89	0.
79	10	1	Global Y	2690.89	2689.75	0.
80	10	1	Global Y	672.986	98.545	0.
81	10	1	Global Y	698.545	776.316	0.
82	10	1	Global Y	776.316	909.346	0.
83	10	1	Global Y	909.346	1101.77	0.
84	10	1	Global Y	1101.77	1356.86	0.
85	10	1	Global Y	1356.86	1673.19	0.
86	10	1	Global Y	1673.19	2036.94	0.
87	10	1	Global Y	2036.94	2407.56	0.
88	10	1	Global Y	2407.56	2690.89	0.
89	10	1	Global Y	2690.89	2689.75	0.
90	10	1	Global Y	672.986	196.723	0.
91	10	1	Global Y	196.723	372.996	0.
92	10	1	Global Y	776.316	231.413	0.
93	10	1	Global Y	231.413	613.281	0.
94	10	1	Global Y	1101.77	251.69	0.
95	10	1	Global Y	251.69	1226.11	0.
96	10	1	Global Y	1673.19	54.915	0.
97	10	1	Global Y	54.915	2790.94	0.
98	10	1	Global Y	2407.56	1086.51	0.
99	10	1	Global Y	1086.51	7006.92	0.
100	10	1	Global Y	308.752	196.732	0.
101	10	1	Global Y	196.723	776.316	0.
102	10	1	Global Y	372.996	231.413	0.
103	10	1	Global Y	231.413	1101.77	0.
104	10	1	Global Y	613.281	251.69	0.
105	10	1	Global Y	251.69	1673.19	0.
106	10	1	Global Y	1226.11	54.915	0.
107	10	1	Global Y	54.915	2407.56	0.
108	10	1	Global Y	2790.94	1086.51	0.
109	10	1	Global Y	1086.51	2689.75	0.
110	10	1	Global Y	672.986	196.723	0.
111	10	1	Global Y	196.723	372.996	0.
112	10	1	Global Y	909.346	231.413	0.
113	10	1	Global Y	231.413	613.281	0.
114	10	1	Global Y	1101.77	251.69	0.
115	10	1	Global Y	251.69	1226.11	0.
116	10	1	Global Y	1673.19	54.915	0.
117	10	1	Global Y	54.915	2790.94	0.

118	10	1	Global Y	2407.56	1086.51	0.
119	10	1	Global Y	1086.51	7006.92	0.
120	10	1	Global Y	308.752	196.732	0.
121	10	1	Global Y	196.723	776.616	0.
122	10	1	Global Y	463.802	231.413	0.
123	10	1	Global Y	231.413	1101.77	0.
124	10	1	Global Y	613.281	251.69	0.
125	10	1	Global Y	251.69	1673.19	0.
126	10	1	Global Y	1226.11	54.915	0.
127	10	1	Global Y	54.915	2407.56	0.
128	10	1	Global Y	2790.94	1086.51	0.
129	10	1	Global Y	1086.51	2689.75	0.

Beban Gelombang Pada Struktur Dengan Bracing K

Load Set 1 - Untitled

Distributed Loads

Element	Color	Layer	Direction	End A	End B	Phase
1	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
2	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
3	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
4	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
5	10	1	Global Y	2407.56	2689.75	0.
6	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
7	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
8	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
9	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
10	10	1	Global Y	2407.56	2689.75	0.
11	10	1	Global Y	308.752	372.996	0.
12	10	1	Global Y	372.996	613.281	0.
13	10	1	Global Y	613.281	1226.11	0.
14	10	1	Global Y	1226.11	2790.94	0.
15	10	1	Global Y	2790.94	7006.92	0.
16	10	1	Global Y	672.545	672.545	0.
17	10	1	Global Y	672.545	672.545	0.
18	10	1	Global Y	776.316	776.316	0.
19	10	1	Global Y	776.316	776.316	0.
20	10	1	Global Y	1101.77	1101.77	0.
21	10	1	Global Y	1101.77	1101.77	0.
22	10	1	Global Y	1673.19	1673.19	0.
23	10	1	Global Y	1673.19	1673.19	0.
24	10	1	Global Y	2047.56	2047.56	0.
25	10	1	Global Y	2047.56	2047.56	0.
26	10	1	Global Y	2689.75	2689.75	0.
27	10	1	Global Y	2689.75	2689.75	0.
28	10	1	Global Y	191.615	191.615	0.
29	10	1	Global Y	211.106	211.106	0.
30	10	1	Global Y	250.092	250.092	0.
31	10	1	Global Y	205.092	205.092	0.
32	10	1	Global Y	309.428	309.428	0.
33	10	1	Global Y	2640.	2640.	0.
34	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
35	10	1	Global Y	191.615	308.752	0.
36	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
37	10	1	Global Y	211.106	372.996	0.
38	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.

39	10	1	Global Y	250.092	613.281	0.
40	10	1	Global Y	1673.19	205.903	0.
41	10	1	Global Y	205.903	1226.11	0.
42	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
43	10	1	Global Y	309.428	2790.94	0.
44	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
45	10	1	Global Y	2640.	7006.92	0.
46	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
47	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
48	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
49	10	1	Global Y	1673.19	205.903	0.
50	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
51	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
52	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
53	10	1	Global Y	191.615	308.752	0.
54	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
55	10	1	Global Y	211.106	372.996	0.
56	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
57	10	1	Global Y	250.092	613.281	0.
58	10	1	Global Y	1673.19	205.903	0.
59	10	1	Global Y	205.903	1226.11	0.
60	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
61	10	1	Global Y	309.428	2790.94	0.
62	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
63	10	1	Global Y	2640.	7006.92	0.
64	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
65	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
66	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
67	10	1	Global Y	1673.19	205.903	0.
68	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
69	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
70	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
71	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
72	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
73	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
74	10	1	Global Y	2407.56	2689.75	0.
75	10	1	Global Y	191.615	776.316	0.
76	10	1	Global Y	211.106	1101.77	0.
77	10	1	Global Y	250.092	1673.19	0.
78	10	1	Global Y	205.903	2407.56	0.
79	10	1	Global Y	309.428	2689.75	0.
80	10	1	Global Y	191.615	372.996	0.
81	10	1	Global Y	211.106	613.281	0.
82	10	1	Global Y	250.092	1226.11	0.
83	10	1	Global Y	205.903	2790.94	0.
84	10	1	Global Y	309.428	7006.92	0.
85	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
86	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
87	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
88	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
89	10	1	Global Y	2407.56	2689.75	0.
90	10	1	Global Y	191.615	372.996	0.
91	10	1	Global Y	211.106	613.281	0.
92	10	1	Global Y	250.092	1226.11	0.
93	10	1	Global Y	205.903	2790.94	0.
94	10	1	Global Y	309.428	7006.99	0.
95	10	1	Global Y	191.615	776.316	0.
96	10	1	Global Y	211.106	1101.77	0.

97	10	1	Global Y	250.092	1673.19	0.
98	10	1	Global Y	205.903	2407.56	0.
99	10	1	Global Y	309.428	2689.75	0.

Beban Gelombang Pada Struktur Dengan Bracing N

Load Set 1 - gelombang

Distributed Loads

Element	Color	Layer	Direction	End A	End B	Phase
1	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
2	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
3	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
4	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
5	10	1	Global Y	2407.56	2690.89	0.
6	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
7	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
8	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
9	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
10	10	1	Global Y	2407.56	2690.89	0.
11	10	1	Global Y	308.752	372.996	0.
12	10	1	Global Y	372.996	613.281	0.
13	10	1	Global Y	613.281	1226.11	0.
14	10	1	Global Y	1226.11	2790.94	0.
15	10	1	Global Y	2790.94	7006.92	0.
16	10	1	Global Y	672.986	672.986	0.
17	10	1	Global Y	672.986	672.986	0.
18	10	1	Global Y	776.316	776.316	0.
19	10	1	Global Y	776.316	776.316	0.
20	10	1	Global Y	1101.77	1101.77	0.
21	10	1	Global Y	1101.77	1101.77	0.
22	10	1	Global Y	1673.19	1673.19	0.
23	10	1	Global Y	1673.19	1673.19	0.
24	10	1	Global Y	2407.56	2407.56	0.
25	10	1	Global Y	2407.56	2407.56	0.
26	10	1	Global Y	2689.75	2689.75	0.
27	10	1	Global Y	2689.75	2689.75	0.
28	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
29	10	1	Global Y	191.615	308.752	0.
30	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
31	10	1	Global Y	211.106	372.996	0.
32	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
33	10	1	Global Y	250.092	613.281	0.
34	10	1	Global Y	1673.19	205.903	0.
35	10	1	Global Y	205.903	1226.11	0.
36	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
37	10	1	Global Y	309.428	2790.94	0.
38	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
39	10	1	Global Y	2640.	7006.92	0.
40	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
41	10	1	Global Y	191.615	308.752	0.
42	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
43	10	1	Global Y	211.106	372.996	0.
44	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
45	10	1	Global Y	250.092	613.281	0.
46	10	1	Global Y	1673.19	205.903	0.
47	10	1	Global Y	205.903	1226.11	0.

48	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
49	10	1	Global Y	309.428	2790.94	0.
50	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
51	10	1	Global Y	2640.	7006.92	0.
52	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
53	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
54	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
55	10	1	Global Y	1673.19	205.903	0.
56	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
57	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
58	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
59	10	1	Global Y	776.316	211.106	0.
60	10	1	Global Y	1101.77	250.092	0.
61	10	1	Global Y	1673.19	205.903	0.
62	10	1	Global Y	2407.56	309.428	0.
63	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
64	10	1	Global Y	191.615	191.615	0.
65	10	1	Global Y	211.106	211.106	0.
66	10	1	Global Y	250.092	250.092	0.
67	10	1	Global Y	205.903	205.903	0.
68	10	1	Global Y	309.428	309.428	0.
69	10	1	Global Y	2640.	2640.	0.
70	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
71	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
72	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
73	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
74	10	1	Global Y	2407.56	2690.89	0.
75	10	1	Global Y	672.986	308.752	0.
76	10	1	Global Y	776.316	613.281	0.
77	10	1	Global Y	1101.77	1226.11	0.
78	10	1	Global Y	1673.19	2790.94	0.
79	10	1	Global Y	2407.56	7006.92	0.
80	10	1	Global Y	308.752	776.316	0.
81	10	1	Global Y	372.996	1101.77	0.
82	10	1	Global Y	613.281	1673.19	0.
83	10	1	Global Y	1226.11	2407.56	0.
84	10	1	Global Y	2790.94	2689.75	0.

Beban Gelombang Pada Struktur Dengan Bracing X tanpa hor. bracing

Load Set 1 - payload-1

Distributed Loads

Element	Color	Layer	Direction	End A	End B	Phase
1	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
2	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
3	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
4	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
5	10	1	Global Y	2407.56	2689.75	0.
6	10	1	Global Y	672.986	776.316	0.
7	10	1	Global Y	776.316	1101.77	0.
8	10	1	Global Y	1101.77	1673.19	0.
9	10	1	Global Y	1673.19	2407.56	0.
10	10	1	Global Y	2407.56	2689.75	0.
16	10	1	Global Y	672.986	672.986	0.
17	10	1	Global Y	672.986	672.986	0.
18	10	1	Global Y	2689.75	2689.75	0.

19	10	1	Global Y	2689.75	2689.75	0.
20	10	1	Global Y	191.615	191.615	0.
21	10	1	Global Y	2640.	2640.	0.
22	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
23	10	1	Global Y	191.615	308.752	0.
24	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
25	10	1	Global Y	2640.	7006.92	0.
26	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
27	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
28	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
29	10	1	Global Y	191.615	308.752	0.
30	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
31	10	1	Global Y	2640.	7006.92	0.
32	10	1	Global Y	672.986	191.615	0.
33	10	1	Global Y	2689.75	2640.	0.
34	10	1	Global Y	672.986	98.545	0.
35	10	1	Global Y	698.545	776.316	0.
36	10	1	Global Y	776.316	909.346	0.
37	10	1	Global Y	909.346	1101.77	0.
38	10	1	Global Y	1101.77	1356.86	0.
39	10	1	Global Y	1356.86	1673.19	0.
40	10	1	Global Y	1673.19	2036.94	0.
41	10	1	Global Y	2036.94	2407.56	0.
42	10	1	Global Y	2407.56	2690.89	0.
43	10	1	Global Y	2690.89	2689.75	0.
44	10	1	Global Y	672.986	98.545	0.
45	10	1	Global Y	698.545	776.316	0.
46	10	1	Global Y	776.316	909.346	0.
47	10	1	Global Y	909.346	1101.77	0.
48	10	1	Global Y	1101.77	1356.86	0.
49	10	1	Global Y	1356.86	1673.19	0.
50	10	1	Global Y	1673.19	2036.94	0.
51	10	1	Global Y	2036.94	2407.56	0.
52	10	1	Global Y	2407.56	2690.89	0.
53	10	1	Global Y	2690.89	2689.75	0.
54	10	1	Global Y	672.986	196.723	0.
55	10	1	Global Y	196.723	372.996	0.
56	10	1	Global Y	776.316	231.413	0.
57	10	1	Global Y	231.413	613.281	0.
58	10	1	Global Y	1101.77	251.69	0.
59	10	1	Global Y	251.69	1226.11	0.
60	10	1	Global Y	1673.19	54.915	0.
61	10	1	Global Y	54.915	2790.94	0.
62	10	1	Global Y	2407.56	1086.51	0.
63	10	1	Global Y	1086.51	7006.92	0.
64	10	1	Global Y	308.752	196.732	0.
65	10	1	Global Y	196.723	776.316	0.
66	10	1	Global Y	372.996	231.413	0.
67	10	1	Global Y	231.413	1101.77	0.
68	10	1	Global Y	613.281	251.69	0.
69	10	1	Global Y	251.69	1673.19	0.
70	10	1	Global Y	1226.11	54.915	0.
71	10	1	Global Y	54.915	2407.56	0.
72	10	1	Global Y	2790.94	1086.51	0.
73	10	1	Global Y	1086.51	2689.75	0.
74	10	1	Global Y	672.986	196.723	0.
75	10	1	Global Y	196.723	372.996	0.
76	10	1	Global Y	909.346	231.413	0.

77	10	1	Global Y	231.413	613.281	0.
78	10	1	Global Y	1101.77	251.69	0.
79	10	1	Global Y	251.69	1226.11	0.
80	10	1	Global Y	1673.19	54.915	0.
81	10	1	Global Y	54.915	2790.94	0.
82	10	1	Global Y	2407.56	1086.51	0.
83	10	1	Global Y	1086.51	7006.92	0.
84	10	1	Global Y	308.752	196.732	0.
85	10	1	Global Y	196.723	776.616	0.
86	10	1	Global Y	463.802	231.413	0.
87	10	1	Global Y	231.413	1101.77	0.
88	10	1	Global Y	613.281	251.69	0.
89	10	1	Global Y	251.69	1673.19	0.
90	10	1	Global Y	1226.11	54.915	0.
91	10	1	Global Y	54.915	2407.56	0.
92	10	1	Global Y	2790.94	1086.51	0.
93	10	1	Global Y	1086.51	2689.75	0.

LAMPIRAN D

***OUTPUT NASTRAN (RESPON STRUKTUR)
UNTUK SETIAP TIPE PELETAKAN BRACE***

OUTPUT NASTRAN UNTUK STRUKTUR TRIPOD DENGAN BRACING X

(PAYLOAD = 13000 TON)

Output Set 10 - MSC/NASTRAN Case 1

From = MSC/NASTRAN Analysis Type = Static Value = 0.

Output Vector 1 - Total Translation (Model Vector 417)

Maximum Node ID = 8 Value = 0.39655

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 2 - T1 Translation (Model Vector 379)

Maximum Node ID = 25 Value = 0.10251

Minimum Node ID = 42 Value = -0.033984

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3 - T2 Translation (Model Vector 380)

Maximum Node ID = 8 Value = 0.39421

Minimum Node ID = 50 Value = -0.011357

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 4 - T3 Translation (Model Vector 381)

Maximum Node ID = 1 Value = 0.

Minimum Node ID = 40 Value = -0.05172

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 5 - Total Rotation (Model Vector 418)

Maximum Node ID = 17 Value = 0.011475

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 6 - R1 Rotation (Model Vector 382)

Maximum Node ID = 49 Value = 0.00021248

Minimum Node ID = 16 Value = -0.0017814

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 7 - R2 Rotation (Model Vector 383)

Maximum Node ID = 25 Value = 0.00073552

Minimum Node ID = 42 Value = -0.00072939

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 8 - R3 Rotation (Model Vector 384)

Maximum	Node ID = 51	Value = 0.0077788
Minimum	Node ID = 17	Value = -0.011475
Type = Displacement	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 51 - Total Constraint Force (Model Vector 419)

Maximum	Node ID = 35	Value = 47690812.
Minimum	Node ID = 2	Value = 0.
Type = Force	Calc = Y	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 52 - T1 Constraint Force (Model Vector 385)

Maximum	Node ID = 18	Value = 528585.
Minimum	Node ID = 1	Value = -409490.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 53 - T2 Constraint Force (Model Vector 386)

Maximum	Node ID = 2	Value = 0.
Minimum	Node ID = 35	Value = -3627497.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 54 - T3 Constraint Force (Model Vector 387)

Maximum	Node ID = 35	Value = 47552504.
Minimum	Node ID = 2	Value = 0.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 55 - Total Constraint Moment (Model Vector 420)

Maximum	Node ID = 35	Value = 5651117.
Minimum	Node ID = 2	Value = 0.
Type = Force	Calc = Y	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 56 - R1 Constraint Moment (Model Vector 388)

Maximum	Node ID = 35	Value = 5635618.
Minimum	Node ID = 2	Value = 0.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 57 - R2 Constraint Moment (Model Vector 389)

Maximum	Node ID = 1	Value = 245140.
Minimum	Node ID = 18	Value = -261534.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 58 - R3 Constraint Moment (Model Vector 390)

Maximum	Node ID = 18	Value = 426921.
Minimum	Node ID = 1	Value = -1227072.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3014 - Beam EndA Plane1 Moment (Model Vector 391)

Maximum Element ID = 35 Value = 1048599.

Minimum Element ID = 16 Value = -957448.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3015 - Beam EndA Plane2 Moment (Model Vector 393)

Maximum Element ID = 11 Value = 5633102.

Minimum Element ID = 15 Value = -808120.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3016 - Beam EndB Plane1 Moment (Model Vector 392)

Maximum Element ID = 16 Value = 1593013.

Minimum Element ID = 34 Value = -681040.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3017 - Beam EndB Plane2 Moment (Model Vector 394)

Maximum Element ID = 6 Value = 408267.

Minimum Element ID = 14 Value = -863105.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3018 - Beam EndA Pl1 Shear Force (Model Vector 395)

Maximum Element ID = 35 Value = 129257.

Minimum Element ID = 16 Value = -196189.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3019 - Beam EndA Pl2 Shear Force (Model Vector 397)

Maximum Element ID = 11 Value = 344622.

Minimum Element ID = 15 Value = -37483.3

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3020 - Beam EndB Pl1 Shear Force (Model Vector 396)

Maximum Element ID = 35 Value = 129257.

Minimum Element ID = 16 Value = -196189.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3021 - Beam EndB Pl2 Shear Force (Model Vector 398)

Maximum Element ID = 11 Value = 344622.

Minimum Element ID = 15 Value = -37483.3

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3022 - Beam EndA Axial Force (Model Vector 399)

Maximum Element ID = 28 Value = 2009981.

Minimum Element ID = 11 Value = -46836744.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3023 - Beam EndB Axial Force (Model Vector 400)

Maximum Element ID = 28 Value = 2009981.

Minimum Element ID = 11 Value = -46836744.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3024 - Beam EndA Torque Force (Model Vector 401)

Maximum Element ID = 1 Value = 489349.

Minimum Element ID = 6 Value = -606715.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3025 - Beam EndB Torque Force (Model Vector 402)

Maximum Element ID = 1 Value = 489349.

Minimum Element ID = 6 Value = -606715.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3026 - Beam EndA Warping Torque (Model Vector 403)

Maximum Element ID = 1 Value = 0.

Minimum Element ID = 1 Value = 0.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3027 - Beam EndB Warping Torque (Model Vector 404)

Maximum Element ID = 1 Value = 0.

Minimum Element ID = 1 Value = 0.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress (Model Vector 405)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.

Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3140 - Beam EndA Pt2 Comb Stress (Model Vector 407)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.

Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3141 - Beam EndA Pt3 Comb Stress (Model Vector 409)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3142 - Beam EndA Pt4 Comb Stress (Model Vector 411)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3151 - Beam EndB Pt1 Comb Stress (Model Vector 406)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3152 - Beam EndB Pt2 Comb Stress (Model Vector 408)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3153 - Beam EndB Pt3 Comb Stress (Model Vector 410)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3154 - Beam EndB Pt4 Comb Stress (Model Vector 412)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3164 - Beam EndA Max Comb Stress (Model Vector 413)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3165 - Beam EndA Min Comb Stress (Model Vector 415)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3166 - Beam EndB Max Comb Stress (Model Vector 414)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3167 - Beam EndB Min Comb Stress (Model Vector 416)

Maximum Element ID = 28 Value = 233718736.
Minimum Element ID = 46 Value = -235542768.
Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Displacement Summary

Maximum Value 0.39655 Output Vector 1 - Total Translation
Minimum Value -0.05172 Output Vector 4 - T3 Translation

Force Summary

Maximum Value 47690812. Output Vector 51 - Total Constraint Force
Minimum Value -46836744. Output Vector 3022 - Beam EndA Axial Force

Stress Summary

Maximum Value 233718736. Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress
Minimum Value -235542768. Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress

OUTPUT NASTRAN UNTUK STRUKTUR TRIPOD DENGAN BRACING K

(PAYLOAD = 13000 TON)

Output Set 6 - MSC/NASTRAN Case 1

From = MSC/NASTRAN Analysis Type = Static Value = 0.

Output Vector 1 - Total Translation (Model Vector 249)

Maximum Node ID = 30 Value = 0.079487

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 2 - T1 Translation (Model Vector 211)

Maximum Node ID = 30 Value = 0.00059846

Minimum Node ID = 6 Value = -0.00044793

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3 - T2 Translation (Model Vector 212)

Maximum Node ID = 7 Value = 0.060368

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 4 - T3 Translation (Model Vector 213)

Maximum Node ID = 1 Value = 0.

Minimum Node ID = 30 Value = -0.052413

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 5 - Total Rotation (Model Vector 250)

Maximum Node ID = 3 Value = 0.00091016

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 6 - R1 Rotation (Model Vector 214)

Maximum Node ID = 35 Value = 0.000016229

Minimum Node ID = 2 Value = -0.00089187

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 7 - R2 Rotation (Model Vector 215)

Maximum Node ID = 23 Value = 0.0002846

Minimum Node ID = 35 Value = -0.0002631

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 8 - R3 Rotation (Model Vector 216)

Maximum	Node ID = 6	Value = 0.00035135
Minimum	Node ID = 18	Value = -0.00038333
Type = Displacement	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 51 - Total Constraint Force (Model Vector 251)

Maximum	Node ID = 25	Value = 47373968.
Minimum	Node ID = 2	Value = 0.
Type = Force	Calc = Y	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 52 - T1 Constraint Force (Model Vector 217)

Maximum	Node ID = 13	Value = 189525.
Minimum	Node ID = 1	Value = -188026.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 53 - T2 Constraint Force (Model Vector 218)

Maximum	Node ID = 2	Value = 0.
Minimum	Node ID = 25	Value = -930154.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 54 - T3 Constraint Force (Model Vector 219)

Maximum	Node ID = 25	Value = 47364836.
Minimum	Node ID = 2	Value = 0.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 55 - Total Constraint Moment (Model Vector 252)

Maximum	Node ID = 1	Value = 4344066.
Minimum	Node ID = 2	Value = 0.
Type = Force	Calc = Y	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 56 - R1 Constraint Moment (Model Vector 220)

Maximum	Node ID = 1	Value = 4331168.
Minimum	Node ID = 2	Value = 0.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 57 - R2 Constraint Moment (Model Vector 221)

Maximum	Node ID = 13	Value = 267107.
Minimum	Node ID = 1	Value = -238073.
Type = Force	Calc = N	Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 58 - R3 Constraint Moment (Model Vector 222)

Maximum	Node ID = 13	Value = 248415.
Minimum	Node ID = 1	Value = -234988.

Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Maximum Element ID = 7 Value = 184241.

Minimum Element ID = 2 Value = -193341.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Maximum Element ID = 11 Value = 4529637.

Minimum Element ID = 5 Value = -521998.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Component 0 3015 - Beam EndA Plane2 Moment

Component 1 3017 - Beam EndB Plane2 Moment

Maximum Element ID = 2 Value = 126453.

Minimum Element ID = 7 Value = -124243.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Maximum Element ID = 55 Value = 195208.

Minimum Element ID = 14 Value = -718337.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Maximum Element ID = 7 Value = 18146.1

Minimum Element ID = 2 Value = -18811.4

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Maximum Element ID = 11 Value = 280518.

Minimum Element ID = 61 Value = -26614.2

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Maximum Element ID = 7 Value = 18146.1

Minimum Element ID = 2 Value = -18811.4

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Maximum Element ID = 11 Value = 280518.

Minimum Element ID = 61 Value = -26614.2



Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3022 - Beam EndA Axial Force (Model Vector 231)

Maximum Element ID = 81 Value = 807485.

Minimum Element ID = 11 Value = -47324096.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3023 - Beam EndB Axial Force (Model Vector 232)

Maximum Element ID = 81 Value = 807485.

Minimum Element ID = 11 Value = -47324096.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3024 - Beam EndA Torque Force (Model Vector 233)

Maximum Element ID = 1 Value = 204432.

Minimum Element ID = 6 Value = -218182.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3025 - Beam EndB Torque Force (Model Vector 234)

Maximum Element ID = 1 Value = 204432.

Minimum Element ID = 6 Value = -218182.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3026 - Beam EndA Warping Torque (Model Vector 235)

Maximum Element ID = 1 Value = 0.

Minimum Element ID = 1 Value = 0.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3027 - Beam EndB Warping Torque (Model Vector 236)

Maximum Element ID = 1 Value = 0.

Minimum Element ID = 1 Value = 0.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress (Model Vector 237)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3140 - Beam EndA Pt2 Comb Stress (Model Vector 239)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3141 - Beam EndA Pt3 Comb Stress (Model Vector 241)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3142 - Beam EndA Pt4 Comb Stress (Model Vector 243)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3151 - Beam EndB Pt1 Comb Stress (Model Vector 238)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3152 - Beam EndB Pt2 Comb Stress (Model Vector 240)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3153 - Beam EndB Pt3 Comb Stress (Model Vector 242)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3154 - Beam EndB Pt4 Comb Stress (Model Vector 244)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3164 - Beam EndA Max Comb Stress (Model Vector 245)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3165 - Beam EndA Min Comb Stress (Model Vector 247)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3166 - Beam EndB Max Comb Stress (Model Vector 246)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3167 - Beam EndB Min Comb Stress (Model Vector 248)

Maximum Element ID = 81 Value = 55307156.

Minimum Element ID = 11 Value = -129300808.

Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Displacement Summary

Maximum Value 0.079487 Output Vector 1 - Total Translation

Minimum Value -0.052413 Output Vector 4 - T3 Translation

Force Summary

Maximum Value 47373968. Output Vector 51 - Total Constraint Force

Minimum Value -47324096. Output Vector 3022 - Beam EndA Axial Force

Stress Summary

Maximum Value 55307156. Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress

Minimum Value -129300808. Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress

OUTPUT NASTRAN UNTUK STRUKTUR TRIPOD DENGAN BRACING N

(PAYLOAD = 13000 TON)

Output Set 4 - MSC/NASTRAN Case 1

From = MSC/NASTRAN Analysis Type = Static Value = 0.

Output Vector 1 - Total Translation (Model Vector 165)

Maximum Node ID = 18 Value = 0.11078

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 2 - T1 Translation (Model Vector 127)

Maximum Node ID = 18 Value = 0.025024

Minimum Node ID = 30 Value = -0.049392

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3 - T2 Translation (Model Vector 128)

Maximum Node ID = 18 Value = 0.096511

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 4 - T3 Translation (Model Vector 129)

Maximum Node ID = 1 Value = 0.

Minimum Node ID = 30 Value = -0.05171

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 5 - Total Rotation (Model Vector 166)

Maximum Node ID = 31 Value = 0.003692

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 6 - R1 Rotation (Model Vector 130)

Maximum Node ID = 6 Value = 0.00016485

Minimum Node ID = 14 Value = -0.0013293

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 7 - R2 Rotation (Model Vector 131)

Maximum Node ID = 6 Value = 0.0003565

Minimum Node ID = 30 Value = -0.00074743

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 8 - R3 Rotation (Model Vector 132)

Maximum Node ID = 31 Value = 0.0036856
Minimum Node ID = 24 Value = -0.000012086
Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 51 - Total Constraint Force (Model Vector 167)

Maximum Node ID = 25 Value = 47320504.
Minimum Node ID = 2 Value = 0.
Type = Force Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 52 - T1 Constraint Force (Model Vector 133)

Maximum Node ID = 1 Value = 410296.
Minimum Node ID = 25 Value = -532979.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 53 - T2 Constraint Force (Model Vector 134)

Maximum Node ID = 1 Value = 14255.
Minimum Node ID = 25 Value = -1258787.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 54 - T3 Constraint Force (Model Vector 135)

Maximum Node ID = 25 Value = 47300756.
Minimum Node ID = 2 Value = 0.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 55 - Total Constraint Moment (Model Vector 168)

Maximum Node ID = 13 Value = 6756506.
Minimum Node ID = 2 Value = 0.
Type = Force Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 56 - R1 Constraint Moment (Model Vector 136)

Maximum Node ID = 13 Value = 6619011.
Minimum Node ID = 2 Value = 0.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 57 - R2 Constraint Moment (Model Vector 137)

Maximum Node ID = 25 Value = 1378823.
Minimum Node ID = 13 Value = -1264993.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 58 - R3 Constraint Moment (Model Vector 138)

Maximum Node ID = 2 Value = 0.
Minimum Node ID = 1 Value = -1291191.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3014 - Beam EndA Plane1 Moment (Model Vector 139)

Maximum Element ID = 6 Value = 1265059.

Minimum Element ID = 11 Value = -1363617.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3015 - Beam EndA Plane2 Moment (Model Vector 141)

Maximum Element ID = 6 Value = 6566521.

Minimum Element ID = 5 Value = -613839.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3016 - Beam EndB Plane1 Moment (Model Vector 140)

Maximum Element ID = 1 Value = 374943.

Minimum Element ID = 11 Value = -743526.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3017 - Beam EndB Plane2 Moment (Model Vector 142)

Maximum Element ID = 1 Value = 761315.

Minimum Element ID = 9 Value = -558694.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3018 - Beam EndA P11 Shear Force (Model Vector 143)

Maximum Element ID = 6 Value = 69088.7

Minimum Element ID = 11 Value = -36475.9

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3019 - Beam EndA P12 Shear Force (Model Vector 145)

Maximum Element ID = 6 Value = 389846.

Minimum Element ID = 1 Value = -46291.8

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3020 - Beam EndB P11 Shear Force (Model Vector 144)

Maximum Element ID = 6 Value = 69088.7

Minimum Element ID = 11 Value = -36475.9

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3021 - Beam EndB P12 Shear Force (Model Vector 146)

Maximum Element ID = 6 Value = 389846.

Minimum Element ID = 1 Value = -46291.8

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3022 - Beam EndA Axial Force (Model Vector 147)

Maximum Element ID = 44 Value = 1061729.
Minimum Element ID = 11 Value = -46553244.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3023 - Beam EndB Axial Force (Model Vector 148)

Maximum Element ID = 44 Value = 1061729.
Minimum Element ID = 11 Value = -46553244.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3024 - Beam EndA Torque Force (Model Vector 149)

Maximum Element ID = 1 Value = 1225310.
Minimum Element ID = 19 Value = -23142.4
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3025 - Beam EndB Torque Force (Model Vector 150)

Maximum Element ID = 1 Value = 1225310.
Minimum Element ID = 19 Value = -23142.4
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3026 - Beam EndA Warping Torque (Model Vector 151)

Maximum Element ID = 1 Value = 0.
Minimum Element ID = 1 Value = 0.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3027 - Beam EndB Warping Torque (Model Vector 152)

Maximum Element ID = 1 Value = 0.
Minimum Element ID = 1 Value = 0.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress (Model Vector 153)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.
Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.
Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3140 - Beam EndA Pt2 Comb Stress (Model Vector 155)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.
Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.
Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3141 - Beam EndA Pt3 Comb Stress (Model Vector 157)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.
Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3142 - Beam EndA Pt4 Comb Stress (Model Vector 159)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3151 - Beam EndB Pt1 Comb Stress (Model Vector 154)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3152 - Beam EndB Pt2 Comb Stress (Model Vector 156)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3153 - Beam EndB Pt3 Comb Stress (Model Vector 158)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3154 - Beam EndB Pt4 Comb Stress (Model Vector 160)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3164 - Beam EndA Max Comb Stress (Model Vector 161)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3165 - Beam EndA Min Comb Stress (Model Vector 163)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3166 - Beam EndB Max Comb Stress (Model Vector 162)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3167 - Beam EndB Min Comb Stress (Model Vector 164)

Maximum Element ID = 76 Value = 32596708.

Minimum Element ID = 11 Value = -127194664.

Type = Stress Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Displacement Summary

Maximum Value	0.11078	Output Vector 1 - Total Translation
Minimum Value	-0.05171	Output Vector 4 - T3 Translation

Force Summary

Maximum Value	47320504.	Output Vector 51 - Total Constraint Force
Minimum Value	-46553244.	Output Vector 3022 - Beam EndA Axial Force

Stress Summary

Maximum Value	32596708.	Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress
Minimum Value	-127194664.	Output Vector 3139 - Beam EndA Pt1 Comb Stress

OUTPUT NASTRAN UNTUK STRUKTUR TRIPOD DENGAN BRACING X-tbh

(PAYLOAD = 13000 TON)

Output Set 11 - MSC/NASTRAN Case 1

From = MSC/NASTRAN Analysis Type = Static Value = 0.

Output Vector 1 - Total Translation (Model Vector 455)

Maximum Node ID = 8 Value = 0.38857

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 2 - T1 Translation (Model Vector 417)

Maximum Node ID = 21 Value = 0.10487

Minimum Node ID = 34 Value = -0.059914

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3 - T2 Translation (Model Vector 418)

Maximum Node ID = 8 Value = 0.38581

Minimum Node ID = 38 Value = -0.0025027

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 4 - T3 Translation (Model Vector 419)

Maximum Node ID = 1 Value = 0.

Minimum Node ID = 33 Value = -0.051784

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 5 - Total Rotation (Model Vector 456)

Maximum Node ID = 13 Value = 0.011475

Minimum Node ID = 1 Value = 0.

Type = Displacement Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 6 - R1 Rotation (Model Vector 420)

Maximum Node ID = 20 Value = 0.000006761

Minimum Node ID = 12 Value = -0.0016305

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 7 - R2 Rotation (Model Vector 421)

Maximum Node ID = 21 Value = 0.0005855

Minimum Node ID = 34 Value = -0.00063097

Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 8 - R3 Rotation (Model Vector 422)

Maximum Node ID = 39 Value = 0.0077788

Minimum Node ID = 13 Value = -0.011475
Type = Displacement Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 51 - Total Constraint Force (Model Vector 457)

Maximum Node ID = 27 Value = 46867834.
Minimum Node ID = 2 Value = 0.
Type = Force Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 52 - T1 Constraint Force (Model Vector 423)

Maximum Node ID = 14 Value = 514325.
Minimum Node ID = 1 Value = -382421.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 53 - T2 Constraint Force (Model Vector 424)

Maximum Node ID = 2 Value = 0.
Minimum Node ID = 27 Value = -3469396.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 54 - T3 Constraint Force (Model Vector 425)

Maximum Node ID = 27 Value = 46739060.
Minimum Node ID = 2 Value = 0.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 55 - Total Constraint Moment (Model Vector 458)

Maximum Node ID = 27 Value = 6251020.
Minimum Node ID = 2 Value = 0.
Type = Force Calc = Y Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 56 - R1 Constraint Moment (Model Vector 426)

Maximum Node ID = 27 Value = 6232367.
Minimum Node ID = 2 Value = 0.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 57 - R2 Constraint Moment (Model Vector 427)

Maximum Node ID = 1 Value = 1293578.
Minimum Node ID = 14 Value = -1304296.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 58 - R3 Constraint Moment (Model Vector 428)

Maximum Node ID = 14 Value = 773648.
Minimum Node ID = 1 Value = -1654425.
Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3014 - Beam EndA Plane1 Moment (Model Vector 429)

Maximum Element ID = 6 Value = 1301334.

Minimum Element ID = 1 Value = -1298230.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3015 - Beam EndA Plane2 Moment (Model Vector 431)

Maximum Element ID = 11 Value = 6226234.

Minimum Element ID = 15 Value = -1510695.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Output Vector 3016 - Beam EndB Plane1 Moment (Model Vector 430)

Maximum Element ID = 16 Value = 1593013.

Minimum Element ID = 9 Value = -870029.

Type = Force Calc = N Component Dir = Y Centroid = Y

Displacement Summary

Maximum Value 0.38857 Output Vector 1 - Total Translation

Minimum Value -0.059914 Output Vector 2 - T1 Translation

Force Summary

Maximum Value 46867834. Output Vector 51 - Total Constraint Force

Minimum Value -3469396. Output Vector 53 - T2 Constraint Force



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Johana Indra Prasasti
NOMOR POKOK : 4395 100 023
NAMA DOSEN PEMBIMBING : Dr. Ir. Daniel M. Rosyid
TUGAS DIMULAI : 5 September 1999
TUGAS DISELESAIKAN : 5 Mei 2000
JUDUL TUGAS AKHIR :

Studi Pengaruh Tata Letak *Bracing*

Pada Struktur *Jacket* kaki Tiga Terhadap Kekuatannya

NO	TANGGAL	KONSULTASI MENGENAI	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
1	07/10/99	Pendahuluan	<i>Dr. Rosyid</i>
2	10/10/99	Preliminary Sizing	<i>Dr. Rosyid</i>
3	20/10/99	Beban gelombang dan <i>payload</i>	<i>Dr. Rosyid</i>
4	06/12/99	Software Msc-Nastran	<i>Dr. Rosyid</i>
5	07/04/00	Respon dan analisa struktur	<i>Dr. Rosyid</i>
6	28/05/00	Kesimpulan	<i>Dr. Rosyid</i>